

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361880399>

Humedales de ciudad: vivos, activos y resilientes

Book · July 2022

CITATIONS

0

READS

11

2 authors, including:



Mario Alberto Quijano-Abril
Universidad Católica de Oriente

56 PUBLICATIONS 298 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Categorization and distributional analysis of introduced, established and invasive species in the altiplano of eastern Antioquia. [View project](#)



Estudio para la declaratoria de un area protegida en el humedal de Chiqueros, Magdalena medio Colombiano. [View project](#)



Humedales de ciudad:

vivos, activos y resilientes

Un enfoque integrador



Alcaldía de Rionegro
Departamento de Antioquia



Humedales de ciudad:

vivos, activos y resilientes

Un enfoque integrador



ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
COLECCIÓN JORGE ÁLVAREZ LLERAS, N° 44



Humedales de ciudad:

vivos, activos y resilientes

Un enfoque integrador

Editores Académicos

Mario Alberto Quijano Abril
Maria de los Ángeles Castaño López
Diego Esaú Cardona Ramírez
David Echeverri López

Medellín, 2022

CATALOGACIÓN EN LA FUENTE

Quijano Abril, Mario Alberto (Ed.)

Humedales de ciudad: vivos, activos y resilientes / Mario Alberto Quijano Abril, María de los Ángeles Castaño López, Diego Esaú Cardona Ramírez y David Echeverri López, editores académicos.— Rionegro : Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente, 2022.

ISBN: 978-958-52969-3-0

252 p.; 24 x 17 cm

1. Humedales urbanos - Antioquia. 2. Ecosistema acuático. 3. Educación ecológica. 4. - Limnología. I. Quijano Abril, Mario Alberto (Ed.). II. Castaño López, María de los Ángeles (Ed.). III. Cardona Ramírez, Diego Esaú (Ed.). IV. Echeverri López, David (Ed.). V. Título.

551.482

© 2022 Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

© 2022 Universidad Católica de Oriente

© 2022 Corporación Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare–Cornare–

ISBN: 978-958-52969-3-0

Primera edición: junio de 2022

Corrección de textos:

Natalia Maya Ochoa

Fotografías de aves:

Armando Orrego

Ilustración de carátula:

Adriana Sanín

Diseño y diagramación:

Divegráficas S.A.S.

Editado por:

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



ACADEMIA COLOMBIANA
DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES

Impreso por:

Divegráficas S.A.S.

Carrera 50 N° 35-62 - PBX: 322 5096

Medellín, Antioquia

www.divegraficas.com

Impreso en Colombia - Printed in Colombia

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de Academia Colombiana de la Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Corporación de las Cuencas, Universidad Católica de Oriente, Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare–Cornare–.

Proyecto

Conservación, recuperación y monitoreo de humedales en el Oriente antioqueño

Convenio 298-2021,
Cornare – Universidad Católica de Oriente – Municipio de Rionegro

Coordinación científica del proyecto

Mario Alberto Quijano Abril
Universidad Católica de Oriente
Grupo de estudios florísticos

Equipo técnico

Diego Esaú Cardona Ramírez
María de los Ángeles Castaño López
Daniela Marín Henao
Andrés Felipe Arango Arias
Daniela Salazar Suaza
Monica Tatiana López Muñoz
Paula Yulieth Vera Ramirez
Johana Patricia Reyes Herrera
Juan José García Duque
Carlos Alberto Pérez Vera
Valeria Henao Lopera
Mario Fernando Medina Tombé
Viviana Sánchez Henao
Bibiana Gómez Montoya
Kathiana García
Valeria Echeverri

Autores

Mario Alberto Quijano-Abril
María de los Ángeles Castaño-López
Silvia Lucía Villabona-González
Mario Fernando Medina-Tombé
Mónica Tatiana López-Muñoz
Carlos Alberto Pérez-Vera
Valeria Henao
Valeria Echeverri
Daniela Cardona-Alzate
Daniela Salazar-Suaza
José Miguel Rojas-Villa.
Manuel Alejandro Guerra-Quintero
Arlex Marín-Ramírez
Luisa Fernanda Correa-Gómez
Katerine Arcila Arbeláez
Carlos Andrés Arango-Lopera
Daniela González-García
Daniel Ospina-Hurtado.
Jonnattan Garcia Garrido
Juan Franco Montoya
Bernardo Andrés Patiño Valencia
Carlos Mario Vargas Restrepo
Diego Andrés Vélez Rivera
Paula Vera Ramirez
Oladier Ramírez Gómez
Diana Carolina Pérez
Beatriz Elena Arcila Salazar

Interventoría Cornare

David Echeverri López
Coordinador Bosques y Biodiversidad
Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare

Interventoría Alcaldía Municipio de Rionegro

Andrés Felipe Arango arias
Subsecretario de Hábitat
Alcaldía del municipio de Rionegro

Tabla de contenido

Introducción

9

Capítulo 1.

Funciones y servicios biogeoquímicos y ecológicos de cinco humedales urbanos en el Oriente antioqueño

13

Capítulo 2.

Los bancos de semillas como indicadores en los procesos de sucesión natural de los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su utilidad en la restauración ecológica

45

Capítulo 3.

Pulsos del agua de un humedal urbano en el altiplano del Oriente antioqueño

69

Capítulo 4.

El valor paisajístico de los humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño

91

Capítulo 5.

Paisaje en tránsito: un acercamiento a las transformaciones históricas de los humedales del sector de El Porvenir en Rionegro

115

Capítulo 6.

Imaginar el territorio: aproximación a los humedales desde la perspectiva de los imaginarios urbanos

139

Capítulo 7.

Hilos del agua: una propuesta socioeducativa alrededor del humedal urbano

163

Capítulo 8.

Servicios ecosistémicos en humedales urbanos del altiplano del oriente antioqueño: una visión económica y contable

183

Capítulo 9.

Los humedales en el ordenamiento jurídico colombiano. Propuesta de categorización para su gestión, conservación y uso sostenible

225

Introducción

Pensar en ciudad es pensar en incontables y múltiples dinámicas. Pensar en ciudad, es pensar en cientos de miles de personas construyendo su vida de maneras diversas y en algunas ocasiones inverosímiles. En nuestro afán consumista, en muchos casos no logramos observar nuestras ciudades con detalle, de esta manera no logramos apreciar su magnitud, ni la forma como las hemos concebido y transformado. Para algunos autores las ciudades podrían ser consideradas un reflejo de la sociedad que las habita, el reflejo de la cultura, el conocimiento y en algunas ocasiones hasta del sentimiento por estos espacios comunales. Espacios abiertos, espacios compartidos, pero también desconocidos.

Nuestras ciudades están vivas, respiran y se transforman a una velocidad en ocasiones abrumadora. Diferentes investigadores a nivel mundial han demostrado que nuestros centros urbanos son ecosistemas y deberían ser pensados como tal. Una buena pregunta sería: ¿Cómo hemos diseñado nuestras ciudades? Para responderla, muy seguramente bastaría con asomarse por la ventana y mirar nuestro entorno. Existe un concepto básico dentro del ordenamiento territorial conocido con el nombre de Estructura Ecológica Principal (EEP). Esta tiene como función básica la de sostener y conducir la biodiversidad, así como los procesos ecológicos esenciales a través del territorio urbano y dotar al mismo de bienes y servicios ambientales para el desarrollo sostenible.

Aunque bastante citada y referida en diferentes planes de ordenamiento a nivel nacional, la EEP no está siendo determinante en las decisiones que transforman nuestras ciudades hacia su desarrollo y crecimiento económico. Más grave aún, muchas de nuestras capitales no conocen a fondo su EEP ni tampoco sus dinámicas, las cuales en algunas ocasiones se hacen complejas de entender por los gobernantes de turno y lo más importante, por los habitantes de nuestros centros urbanos.

Cuando hablamos del término ecosistema, quizá lo más próximo que llegue a nuestra mente sean los bosques prístinos de nuestras montañas, o los páramos generadores de agua. Pocas veces pensamos que antes de fundar nuestras grandes ciudades, en estos sitios existían este tipo de ambientes, los cuales fuimos modificando paulatinamente hasta hacerlos "propios" y acordes a nuestras expectativas. En algunas ocasiones, la naturaleza nos muestra que estos

territorios son uno de tantos “comodatos”, que se nos han dado por tiempo a veces limitado, y en ocasiones por diferentes consecuencias de nuestro quehacer, nos son reclamados con vehemencia por la naturaleza.

Vienen a nuestra memoria las numerosas veces que, por el desconocimiento de las dinámicas de nuestra EEP, nos hemos convertido en el foco de desastres ecológicos, hoy en día gran parte de estos atribuidos al cambio climático, el cual se convierte en el chivo expiatorio de nuestros desaciertos ambientales. Es importante aclarar que no somos los únicos habitantes de nuestras ciudades, somos una especie de tantas que se articula a la compleja dinámica de estos nuevos ecosistemas, los cuales hemos moldeado con nuestras propias manos y que reposan sobre la EEP.

No todas las ciudades del mundo tienen la suerte de tener humedales. Para que esto ocurra debe haber una combinación de factores bióticos y abióticos, como una flora y fauna especial, así como una geografía y condiciones climáticas específicas. Sumado a esto, en gran parte de los casos, una cuenca que de manera constante y generosa los surta.

El altiplano del Oriente antioqueño es una de las zonas de mayor crecimiento poblacional y urbanístico del país. Asimismo, es el centro de múltiples dinámicas económicas, como producción agrícola y minería de diferente tipo. Estas iniciativas se articulan con una compleja dinámica social y la pérdida paulatina de la población campesina, la cual lentamente ha venido migrando al casco urbano de sus principales ciudades. Así como otros visitantes foráneos, que ven en este territorio oportunidades para una mejor calidad de vida.

Esta región pujante es irrigada por la cuenca del río Negro, la cual ha sido la fuente para el desarrollo social y económico de sus habitantes. Paradójicamente, las nuevas generaciones no reconocen que las oscuras aguas del río Negro, han sido sinónimo de riqueza desde su descubrimiento por el hombre. Siendo hoy en día, este importante afluente, el foco de diferentes impactos antropogénicos y el protagonista de desastres ambientales.

El vínculo entre el río Negro y los humedales del altiplano es muy cercano y tiene miles de años de historia. Tiempo en el cual se han tejido delicados lazos entre las especies que los habitan, incluyéndonos. Muchas de estas relaciones y especies, a veces invisibles a nuestros ojos, se han podido dilucidar y socializar en los últimos años cuando se logra articular la academia con el Estado. Es de esta manera que el presente trabajo busca dar continuidad a la primera fase de esta iniciativa de delimitación y caracterización de estos ecosistemas estratégicos.

Dos de las preguntas que se buscan responder en esta ocasión son: ¿Para qué sirven y cómo funcionan nuestros humedales?, la respuesta no es fácil, ni posible de abordar desde una sola área del saber. Es por esta razón que la información generada en este trabajo es el resultado de la sinergia de diversas áreas del conocimiento científico y social trabajando de manera transdisciplinaria. Este valioso aporte abre las puertas a un trabajo mancomunado entre diferentes actores de la academia, la alcaldía de Rionegro y la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (Cornare).

A lo largo de los capítulos de este libro se abordará una temática que busca comprender diferentes dinámicas funcionales de estos ambientes, que van desde lo físico, organísmico, perceptual, educativo, económico, histórico y normativo. Esperamos que la información que aquí se presenta pueda generar nuevas preguntas, que nos permitan seguir profundizando en la dinámica funcional de estos ambientes con miras a su adecuada gestión, conservación y apropiación social.



Capítulo 1

Funciones y servicios biogeoquímicos y ecológicos de cinco humedales urbanos en el Oriente antioqueño.





Funciones y servicios biogeoquímicos y ecológicos de cinco humedales urbanos en el Oriente antioqueño

Silvia Lucía Villabona-González¹, Mario Fernando Medina-Tombé²,
Mónica Tatiana López-Muñoz¹, Carlos Alberto Pérez-Vera²,
Valeria Henao¹, Valeria Echeverry¹

Introducción

Recientemente se han identificado una serie de funciones y servicios, proporcionados específicamente por los ecosistemas de humedales que pueden ser superiores en cantidad e importancia a los de otro tipo de ecosistemas (Bobbink et al., 2006). Estas funciones son clasificadas como físicas, biogeoquímicas, ecológicas y sociales; además de proveer servicios únicos que benefician a la biota residente, migratoria y a la sociedad *per se* (Backhaus et al., 2020; Pérez-Porras, 2009).

Entre las funciones biogeoquímicas del espejo de agua se incluyen la dinámica de las sustancias suspendidas y disueltas que influye en el servicio de regulación de la calidad del agua, así como procesos como la producción primaria, que incide en el servicio de regulación del carbono (Akçakaya et al., 2020). Dentro de sus funciones ecológicas, los humedales proveen el servicio de regulación a la diversidad taxonómica y funcional de comunidades de hidrobiota, al ofrecer gran cantidad de hábitats y permitir diferentes tipos de interacciones biológicas (Backhaus et al., 2020) (Figura 1).

1 Grupo de investigación Limnología y Recursos Hídricos, Universidad Católica de Oriente.

2 Consultor independiente.

No obstante, el tipo de funciones que existe y su capacidad de operación en los humedales varía dependiendo de la posición de estos dentro de la cuenca hidrográfica, el tipo de humedal y los impactos a los cuales esté sometido (Brinson, 1993). Particularmente, los humedales urbanos del Oriente antioqueño, son de origen natural y en algunos casos, producto de excavaciones mineras antiguas. Se inundan principalmente por la precipitación, acuíferos aledaños y por algunas corrientes como las del río Negro y sus afluentes (Escobar et al., 2018). De esta manera, se ubican en la cuenca media del río Negro, un territorio que ha sufrido una intensa transformación en el paisaje en el último siglo.

Lo anterior ha llevado al incremento exponencial de actividades antrópicas como el urbanismo, el movimiento de tierras, la canalización de cauces, la construcción de vías y la ampliación de la frontera agrícola. Estas han generado impactos en los humedales como la fragmentación de la cobertura vegetal y el aumento en la concentración de sustancias suspendidas y disueltas que incrementan la conductividad del agua y la carga de sólidos (García-Duque et al., 2018 a). Dichos impactos pueden alterar el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, aumentando la eutrofización y la productividad, cambiando las condiciones abióticas y alterando la composición de especies (Begon et al., 2006).

En este estudio se evaluó la funcionalidad biogeoquímica y ecológica de cinco humedales del Oriente antioqueño, en relación con los servicios ecosistémicos ofrecidos en cuanto a la calidad del agua, de acuerdo con sus características físicas, químicas y microbiológicas y a la regulación del carbono (producción primaria). Así mismo, su funcionalidad en el mantenimiento de la diversidad de hábitats y de la diversidad taxonómica y funcional del fitoplancton, zooplancton y los macroinvertebrados acuáticos.



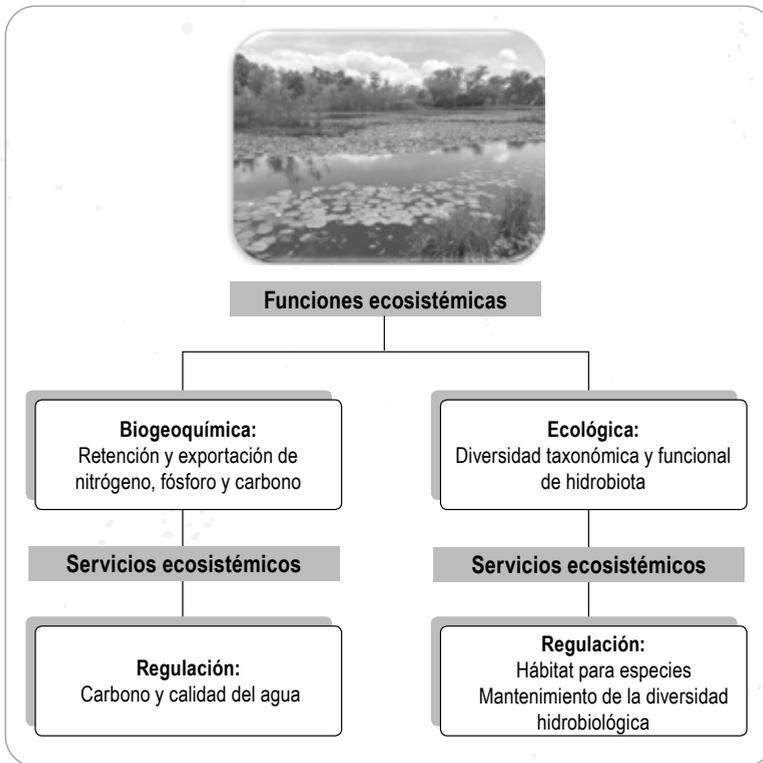


Figura 1. Funciones y servicios ecosistémicos evaluados en cinco humedales urbanos del Oriente antioqueño.

Fuente: Tomado y modificado de Backhaus et al. (2020).

Metodología

Diseño de muestreo

Entre el 23 de octubre y el 3 de noviembre de 2021 (temporada de alta precipitación), se efectuaron muestreos limnológicos en cuatro humedales urbanos ubicados sobre el área de inundación del río Negro (Piamonte, Guadalcanai, El Llanito y Madre Vieja) y en un humedal ubicado en zona rural sobre el plano de inundación de la quebrada La Marinilla (RTVC). Estos ecosistemas estratégicos se encuentran ubicados a altitudes desde los 2.120 hasta los 2.250 msnm. Algunos de ellos son naturales, mientras que otros han sido creados de manera artificial por minería aluvial (García-Duque et al., 2018 a).

En cada humedal se establecieron tres sitios de muestreo a lo largo del eje principal, en donde se estimó la transparencia Secchi y se tomó una muestra integrada de todas las variables descritas a continuación:

Funcionalidad biogeoquímica: servicio de regulación de calidad del agua y carbono

En cada uno de los humedales se tomó una muestra subsuperficial integrando tres puntos ubicados a lo largo del eje longitudinal. Se midieron *in situ* las variables temperatura del agua, pH, turbidez, conductividad eléctrica, concentración y saturación de oxígeno disuelto. Además, se tomaron muestras para análisis en laboratorio de DBO₅, DQO, coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*), sólidos totales (ST), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), nitratos, nitrógeno amoniacal, ortofosfatos y fósforo total. Los métodos de estas variables se describen en (García-Duque et al., 2018b). Para evaluar la calidad física y química del agua se calculó el Índice de la Fundación para la Sanidad Nacional (IFSN) (Tarradellas, 2006), donde:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

WQI: Índice de Calidad de Agua
SI_i: Subíndice del Parámetro *i*
W_i: Factor de Ponderación para el Subíndice *i*

Parámetro	Peso (W _i)	Color	Rango	Significado
Oxígeno Disuelto	0,23			
Demanda Biológica de Oxígeno	0,17		91 - 100	Excelente
Temperatura del agua	0,16		71 - 90	Buena
Nitrógeno Amoniacal	0,16		51 - 70	Regular
Fósforo Total	0,16		26 - 50	Mala
Sólidos Suspendidos Totales	0,13		0 - 25	Muy mala

Las Producciones Primaria Bruta (PPB) y Neta (PPN), así como la Respiración (R), fueron estimadas *in situ* por el método de evolución del oxígeno en botellas claras y oscuras (Gaarder & Gran, 1927). Las botellas (dos claras y dos oscuras) se incubaron en la subsuperficie (por la poca profundidad del cuerpo de agua) durante dos horas, en un ciclo diurno entre las 8:00 am. y las 18:00 pm. (8:00 am, 10:00 am, 14:00 pm, 18:00 pm). Los valores de producción y respiración se registraron en mgC.m⁻³.h⁻¹. Para la conversión de los miligramos de oxígeno a miligramos de carbono se utilizó el factor 0,312 y un coeficiente fotosintético (PQ) de 1,2 (Cole, 1983). A la misma profundidad que se colocaron las botellas claras y oscuras se calculó la Biomasa (B) del fitoplancton, midiendo la concentración de clorofila-a activa. Para ello, se usó el protocolo propuesto por Kruk et al., (2009 b).

A partir de la medición de la profundidad del disco Secchi (Z_{ds}), se calculó la zona fótica (Z_f) y con el valor de esta medida y de la profundidad total (Z_{max}), se calcularon también la zona afótica (Z_{af}) y la relación Z_f/Z_{af} . Con los valores máximos de PPB, PPN y Respiración (Res) y con la concentración de clorofila-a (B), se obtuvieron las relaciones de PPN_{max}/Res_{max} , PPB_{max}/B y PPN_{max}/B .

Funcionalidad Ecológica: servicio de regulación en el mantenimiento del hábitat y la diversidad hidrobiológica

Se tomaron muestras para el análisis de diversidad de fitoplancton, zooplancton, y macroinvertebrados acuáticos. Los métodos de recolección y análisis de estas variables se describen en García-Duque et al. (2018 c). Con los datos de composición de los macroinvertebrados se calculó el índice BMWP/Col (Roldán, 2003), modificado y adaptado por Álvarez (2005), con el fin de establecer la calidad biológica del agua en cada humedal.

La diversidad alfa de las comunidades se evaluó mediante la riqueza específica y los índices de diversidad de Shannon-Wiener (1949) (con Logaritmo Natural), equidad de Pielou (1969) y dominancia de Simpson (1949), así como la diversidad beta, mediante el análisis de similitud en la composición de taxones entre los humedales, aplicando el índice de Jaccard mediante uniones simples. Los análisis se corrieron en el programa Past V 4,03 (Hammer et al., 2021).

La diversidad funcional de las comunidades se evaluó de acuerdo con Kruk et al. (2009 a) para el fitoplancton y Braghin et al. (2018) para el zooplancton. La de los macroinvertebrados mediante las relaciones tróficas (o hábitos tróficos), basadas en Merrit et al. (2008) para insectos acuáticos, complementado por Hanson et al. (2010) para grupos como anélidos, platelmintos, ostrácodos e isópodos, y por Linares et al. (2018) para moluscos.

Resultados y discusión

Funcionalidad biogeoquímica: servicio regulación de calidad del agua y carbono

Calidad del agua

Los humedales estudiados presentaron bajas profundidades, en promedio de 0,88 m. De mayor a menor profundidad, los humedales se ordenaron así: Guadalcanai (1,36 m), El Llanito (0,92 m), Madre Vieja (0,75 m), Piamonte (0,74 m) y RTVC (0,64 m).

La temperatura fluctuó entre 18,55°C, registrados en Piamonte y 22,93°C, registrados en RTVC (Tabla 1). Este rango se encuentra dentro de valores comunes en el trópico, es similar al reportado en humedales de este tipo (Jiménez-Ariza, 2017) y no genera limitaciones para el posible desarrollo de organismos acuáticos, ni afectaciones a la calidad del agua.

El pH se mantuvo en un rango cercano a la neutralidad entre 6,04 (Madre Vieja) y 6,90 unidades (El Llanito) (Tabla 1), indicando baja presencia de sustancias que puedan acidificar o basificar en extremo el agua y es similar a los resultados hallados en humedales urbanos, donde el rango es de 6,80 a 7,74 unidades (Jiménez-Ariza, 2017). Los valores encontrados posibilitan el mantenimiento de la fauna y flora de estos ecosistemas y además reducen el potencial tóxico de algunos compuestos y sustancias (Gualdrón-Durán, 2016).

La concentración de oxígeno disuelto osciló entre 1,54 y 3,38 mg/L, correspondientes a valores de saturación de oxígeno entre 21,65% y 40,03% (Tabla 1). Concentraciones de oxígeno disuelto entre 4,00 y 5,00 mg/L, aseguran la supervivencia de la mayoría de especies de peces y comunidades acuáticas; mientras concentraciones inferiores a 2,00 mg/L pueden causar la muerte de la mayoría de la fauna íctica (García et al., 1998). De acuerdo con Pérez-Castillo & Rodríguez (2008), en el trópico, el porcentaje de saturación de oxígeno ideal para la vida de muchos peces es superior a 67%. Los bajos valores registrados pueden deberse a la descomposición de materia orgánica por la actividad microbiológica y al movimiento lento de las aguas, que disminuye el intercambio de oxígeno con la atmósfera, bien sea por difusión o mezcla (García et al., 1998).

Lo anterior indica que, comparado con las condiciones de equilibrio ideales, los humedales analizados se encuentran en condiciones de desoxigenación, que no son funcionales para algunos organismos acuáticos, especialmente los de mayor tamaño, como los peces (Pulido López & Pinilla-Agudelo, 2017). No obstante, muchas poblaciones planctónicas, perifíticas y bentónicas logran adaptarse en estos humedales (Quijano-Abril et al., 2018), al igual que en otros humedales urbanos con rangos de oxígeno similares (1,30-4,20 mg/L) (Jiménez-Ariza, 2017).

La conductividad eléctrica registró valores entre 38,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Madre Vieja) y 57,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Guadalcanai), a excepción del humedal El Llanito, donde fue de 101,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 1). En la mayoría de humedales existe un bajo nivel de mineralización y de concentración de iones disueltos, que favorece el soporte vital de muchas de las comunidades acuáticas (Gualdrón-Durán, 2016). En el caso de El Llanito, cuyo valor estuvo por encima de los 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puede indicar eutrofia o valores elevados de producción (Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008).

La turbiedad presentó valores entre 18,63 y 46,00 UNT en los humedales RTVC, El Llanito y Guadalcanai y entre 70,40 y 145,00 UNT en los humedales Piamonte y Madre Vieja (Tabla 1). De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, el límite máximo permisible de turbiedad para la destinación del recurso de consumo humano y doméstico es de 10 UNT, valores superiores evidencian procesos de arrastre de partículas que quedan suspendidas en el agua y reducen su transparencia; hecho que podría afectar directamente a los organismos acuáticos, dado que perturban su visibilidad; reduce la producción primaria y en consecuencia afecta el flujo de energía dentro de la red trófica (Gualdrón-Durán, 2016).

Las concentraciones de sólidos totales en el agua oscilaron entre 75,00 mg/L, registradas en RTVC y 161,00 mg/L, extraída en Madre Vieja (Tabla 1). La fracción que más aportó al total de sólidos en RTVC, Guadalcanai y El Llanito fue la de los disueltos, mientras que en Piamonte y Madre Vieja fue la de los suspendidos. De acuerdo con Wetzel (1981), en todos los humedales se encontraron concentraciones bajas de los diferentes tipos de sólidos, con concentraciones de sólidos disueltos inferiores a 72,70 mg/L y de sólidos suspendidos menores a 100 mg/L, excepto en Madre Vieja (127 mg/L). Este fenómeno puede ser atribuido porque allí, además de los fenómenos constantes de resuspensión, la baja cobertura vegetal de su ronda hídrica retiene muy poca cantidad de sedimentos, en especial durante la temporada de lluvias (Benjumea-Hoyos et al., 2018).

Una alta carga de sólidos suspendidos, sumado a los valores de turbidez hallados, podría generar depósitos de lodos y condiciones anaerobias que disminuyan su funcionalidad ecológica (Sierra-Ramírez, 2011), en especial teniendo en cuenta que se trata de fuentes de agua someras, lo cual pone en riesgo a la biota acuática al limitar el paso de luz y colmar hábitats de desove y refugio para los peces (Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008).

La DQO fue menor al límite de cuantificación del método ($< 25,00$ mg/L) en Piamonte, Guadalcanai y El Llanito y varió entre 29,90 y 55,80 mg O₂/L en RTVC y Madre Vieja, respectivamente. La DBO fue detectada en todos los humedales y presentó concentraciones entre 2,20 y 12,10 mg O₂/L (Tabla 1). La resolución 0631 de 2015 establece que el límite máximo permisible para la DQO es de 180 mg/L y para la DBO₅ es de 90 mg/L O₂, por lo cual, los valores de estos parámetros para los humedales se encuentran en rangos funcionales aceptables. Sin embargo, teniendo en cuenta las concentraciones halladas para el oxígeno disuelto, se infiere que existen problemas de desoxigenación, dado que la mayor parte del oxígeno disuelto se consume en la descomposición de la materia orgánica (García-Duque et al., 2018 b).

La relación DBO/DQO (Margalef, 1983), en los humedales RTVC y Madre Vieja (donde se pudo calcular) indica que son aguas con baja biodegradabilidad, con valores de 0,35 y 0,22, pues de acuerdo con Cuenca & Intriago (2017), una relación entre 0 y 0,39 indica baja biodegradabilidad, entre 0,40 y 0,59 media y entre 0,60 y 100, alta. Esto muestra que la materia contenida en el agua no es fácilmente removible por acción bacteriana (Domenech & Peral, 2016).

La concentración de fósforo total tuvo valores mínimos de 0,075 mgP/L en El Llanito y 0,085 mgP/L en Guadalcanai, así como concentraciones que superan el límite máximo (0,100 mg/L), propuesto para aguas no contaminadas en cuerpos leníticos de la cuenca del río Bogotá (CAR, 2006). Este fue el caso de los humedales RTVC, Piamonte y Madre Vieja, con valores de 0,116 mg/L, 0,117 mg/L y 0,188 mg/L, respectivamente (Tabla 1).

Según Maza-Lema (2017), las concentraciones de ortofosfatos no deberían exceder los 0,05 mg/L para proteger la vida acuática y controlar la eutrofización acelerada. En este caso, los humedales del estudio no contienen concentraciones de ortofosfatos que sean limitantes en la funcionalidad ecológica, pues su rango tuvo valores menores al límite de cuantificación del laboratorio (0,010 mgPO₄⁻³/L) y 0,015 mgPO₄⁻³/L (Tabla 1). El ortofosfato es poco abundante comparado con el fósforo total, posiblemente porque este nutriente es rápidamente reciclado por los diversos microorganismos acuáticos o por la conformación de complejos, quelatos y sales insolubles con iones metálicos que decantan (Ávila et al., 2007).

El nitrógeno amoniacal (mgNH₃-N/L) estuvo por debajo del límite de cuantificación de laboratorio (<1,00 mgNH₃-N/L) en todos los humedales y los nitratos solo fueron cuantificables en el humedal RTVC, con una concentración de 1,850 mgNO₃-N/L. En los demás humedales estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio (nitratos < 1,400 mgNO₃-N/L) (Tabla 1). De acuerdo con los rangos reportados por Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo (2008) la concentración de nitrato en RTVC indica un Estado mesotrófico (entre 1,00 y 5,00 mg/L).

Las concentraciones de nutrientes registradas en estos humedales durante el muestreo no provocarían un crecimiento excesivo de fitoplancton ni procesos importantes de eutrofización. Además, estas fueron inferiores a las de otros humedales urbanos en Colombia que han sido catalogados como eutróficos e hipereutróficos (Guillot-Monroy & Pinilla-Agudelo, 2017; Pérez-Porras, 2009).

La legislación colombiana establece en el Decreto 1076 de 2015, que la concentración admisible de coliformes totales para uso del agua de consumo humano, cuya potabilización requiere solo desinfección, y para uso con fines recreativos mediante contacto primario, debe ser menor a 1.000 NMP/100 ml y para coliformes fecales (*E. coli*) debe ser inferior a 200 NMP/100 ml.

Teniendo en cuenta los valores mencionados, los cinco humedales presentaron contaminación microbiológica por bacterias coliformes y se encuentran altamente contaminados por materia orgánica de origen fecal (Vásquez-Botello, 2005; Sierra-Ramírez, 2011). De esta forma, la concentración de coliformes totales varió entre 3.100 y 48.700 NMP/100 ml y la de fecales entre 1.000 y 4.100 NMP/100 ml. Las concentraciones máximas se cuantificaron en los humedales Guadalcanai, El Llanito (coliformes totales) y Madre vieja (Tabla 1). Los valores encontrados sobre este parámetro indican que podrían darse procesos acelerados de descomposición de materia orgánica acumulada, lo que puede resultar en bajos niveles de oxígeno y afectar la funcionalidad ecológica de estos sistemas (Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008).

Tabla 1. Valores de las variables físicas y químicas medidas en los cinco humedales estudiados.

Variable/Humedal	RTVC	Piamonte	Guadalcanaí	El Llanito	Madre Vieja
Temperatura del agua (°C)	22,93	18,55	20,70	20,70	20,00
pH (Unidades de pH)	6,05	6,27	6,48	6,90	6,04
Concentración de oxígeno disuelto (mg/L)	1,85	1,54	2,85	3,38	1,91
Saturación de oxígeno disuelto (%)	27,03	21,65	40,03	34,10	27,40
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	40,43	39,40	57,27	101,27	38,20
Turbiedad (UNT)	18,63	70,40	46,00	22,70	145,00
Sólidos disueltos totales (mg/L)	49,50	36,50	58,00	72,70	34,00
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	25,50	56,00	32,00	18,80	127,00
Sólidos totales (mg/L)	75,00	92,50	90,00	91,50	161,00
DQO (mg/L)	29,90	<25,00	<25,00	<25,00	55,80
DBO ₅ (mg/L)	10,60	2,20	4,42	7,27	12,10
Fósforo total (mgP/L)	0,116	0,117	0,085	0,075	0,188
Ortofosfatos ($\text{mgPO}_4^{-3}/\text{L}$)	<0,01	0,013	<0,010	0,011	0,015
Nitrógeno Amoniac (mgNH ₃ -N/L)	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
Nitratos (mgNO ₃ -N/L)	1,850	<1,400	<1,400	<1,400	<1,400
Coliformes totales (NMP/100 ml)	3100	3100	48700	16900	5200
Coliformes fecales (<i>E. coli</i>) (NMP/100 ml)	1000	1000	4100	1000	1350

El bajo aporte del oxígeno disuelto, de la DBO₅ y de la temperatura del agua en la sumatoria total del índice de calidad del agua (IFSN), fueron determinantes en la clasificación regular de la calidad del agua en todos los humedales (Figura 2).

En los sistemas estudiados no es la contaminación por nutrientes ni por sustancias suspendidas el factor condicionante de su funcionalidad en cuanto a la regulación de la calidad del agua, sino principalmente la descomposición de materia orgánica por el estancamiento de las aguas, la baja profundidad y los procesos de resuspensión de lodos anóxicos. De acuerdo con Guillot-Monroy (2017) la interpretación de índices multimétricos de calidad del agua debe hacerse teniendo en cuenta el contexto físico y biótico de cada cuerpo de agua. En el caso de estos humedales las clasificaciones deberían incluir la proporción de nitrógeno a fósforo, el área y profundidad del espejo de agua, la presencia y tipo de vegetación macrofítica, la penetración de la luz y diversas variables morfométricas.

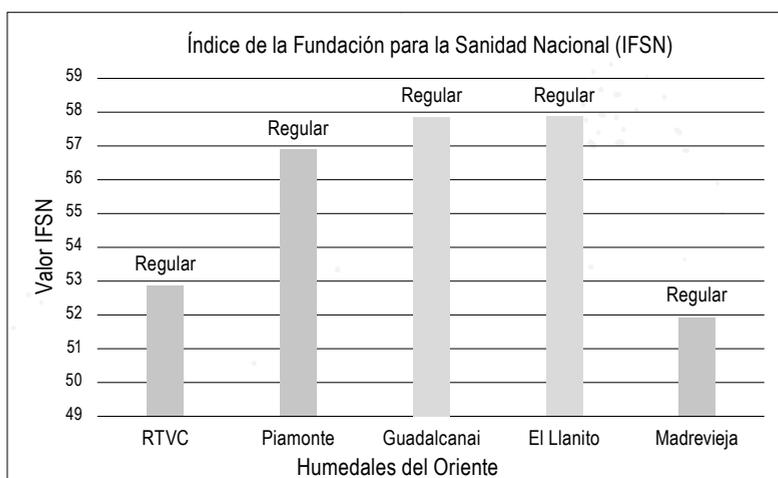


Figura 2. Valores del Índice IFSN en cada humedal.

Carbono y biomasa algal

Por lo general, el fitoplancton de los humedales fue más eficiente en absorber la energía lumínica para convertirla en energía química, en horas donde la radiación solar fue mayor (8:00 a 14:00). Por esta razón se puede deducir, que es en esas horas donde se presentan los valores óptimos de irradiancia para que se den los procesos fotosintéticos "normales" por parte de los autótrofos. Posiblemente, la composición pigmentaria y la adaptación cromática del fitoplancton, permiten que se dé el uso máximo a la irradiancia presente a esa hora del día, pues se observa que en esas horas las concentraciones de clorofila-a, también alcanzan sus máximos valores. Aunque en Piamonte, Guadalcanai y El Llanito a las 18:00, cuando se supone que la radiación solar y la actividad fotosintética debería decrecer, los valores de PPNmax, fueron altos (Figura 3).

El flujo de energía es uno de los modelos conceptuales que mejor organiza el conocimiento disponible acerca del funcionamiento de los ecosistemas. Este flujo de energía se puede interpretar como la circulación de materia dentro del mismo, en particular las ganancias de carbono (Lurié & Wagensberg, 1979). La energía que se almacena en los organismos vivos permite hacer frente a los costos energéticos de absorber y reciclar nutrientes en el ecosistema. Sin estas transformaciones que ocurren a lo largo del flujo de energía, no serían posibles los sistemas ecológicos ni la vida (Silvert, 1982). Son quizá los cocientes PPB_{max}/B y PPN_{max}/B , los indicadores que mejor reflejan los flujos de energía de los productores primarios en los ecosistemas acuáticos (Margalef, 1963), ya que estos cocientes establecen el flujo de energía por unidad de biomasa y también son utilizados como un indicativo de la productividad o eficiencia de un sistema, bajo condiciones naturales de luz (Strickland & Parsons, 1972).



Figura 3. A) Valores medios de las diferentes tasas fotosintéticas calculadas para cada humedal. B) Valores medios de las diferentes tasas fotosintéticas calculadas para cada hora de muestreo en el ciclo diurno en cada humedal.

La mayor eficiencia fotosintética (PPB_{\max}/B), se registró a las 10:00 y 14:00 horas, esto muestra que la clorofila del fitoplancton está absorbiendo y aprovechando de una manera eficiente la energía que entra a estos sistemas por medio de luz solar. Sin embargo, y de acuerdo con (Margalef, 1993), la eficiencia fotosintética tiene un valor máximo de $25 \text{ [mg C } (\mu\text{g Cla.h)}^{-1}]$, y en comunidades planctónicas de aguas dulce este valor alcanza los $3,70 \text{ [mg C } (\mu\text{g Cla.h)}^{-1}]$. El valor medio registrado en los humedales fue de $0,01 \text{ [mg C } (\mu\text{g Cla.h)}^{-1}]$, y la mayoría de resultados no excedieron la unidad. Esto indica una baja eficiencia fotosintética a pesar de que se tiene clorofila en la columna de agua para captar la energía lumínica. Igualmente, la tasa de renovación (PPN_{\max}/B) fue muy baja.

Esta baja eficiencia y tasa de renovación, pueden estar relacionadas en gran medida con el carácter polimíctico de los humedales, que no permite que se forme una zona fótica como tal, donde se albergue una gran cantidad de productores primarios, por lo que se podría pensar que la mezcla constante de la columna de agua, se convierte en una perturbación de alta intensidad que afecta de forma negativa a los productores primarios de estos sistemas. Además, estos dos cocientes sirven como medida de la madurez y la entropía de los humedales, ya que si un sistema es poco maduro presenta mucha entropía y viceversa (Margalef, 1980; Prigogine, 1998).

De esta forma, se puede afirmar que los valores bajos de los dos cocientes reflejan una alta inmadurez y entropía dentro de la comunidad, y que esta es inestable, poco compleja y menos compartimentalizada. Según Flos (2005), cuando no inciden perturbaciones de origen externo al ecosistema, aumentan la madurez, la estabilidad y a la vez la complejidad. A la tendencia de aumentar la estabilidad o el estado estable de los sistemas acuáticos, se opone el retorno hacia atrás, o estados menos maduros, que en los ecosistemas acuáticos suelen seguir a una intensificación de la turbulencia o de la mezcla vertical (Margalef, 1980).

La relación entre la producción (P) y la respiración (R) (PPN_{\max}/Res_{\max}) expresa el balance de los procesos metabólicos en términos relativos. Si la Producción Primaria Neta (PPN) excede a R durante un ciclo diario ($P/R > 1$), se dice que existe una entrada neta de energía al sistema y a este se le denomina sistema autótrofo. Si por el contrario, PPN es menor que R ($P/R < 1$), existe una pérdida neta de energía del sistema y a este se le denomina sistema heterótrofo (Duarte & Agustí, 1998). Aunque los valores de PPN fueron superiores a los de R, mostrando que en la mayoría de humedales y horas de muestreo se almacena carbono para sustentar niveles superiores de la red trófica (Odum, 1969), el cociente PPN_{\max}/R_{\max} , que fue menor a la unidad ($P/R < 1$), en la mayoría de humedales y horas de muestreo, refleja cuerpos de agua con un metabolismo que tiende a la heterotrofia y se comportan como una fuente de CO_2 (Duarte & Agustí, 1998). Los sistemas con este tipo de metabolismo se caracterizan por tener fuertes limitaciones de luz, ser poco profundos y poseer una porción de la zona fótica muy escasa. Su principal fuente de energía para soportar los siguientes niveles tróficos proviene del material orgánico generado fuera del sistema: material alóctono.

Este tipo de metabolismo muestra que los humedales han perdido el equilibrio dinámico o su estado estable, lo cual ocasiona que la PPN tienda a disiparse totalmente por la acción combinada de la respiración autotrófica y heterotrófica, quedando poca o ninguna PPN en estos cuerpos de agua. Hipotéticamente, se esperaría que la inestabilidad de la columna de agua como consecuencia de su carácter polimíctico, impidiera que el fitoplancton se expandiera, ya que los sistemas se “resetean” constantemente y, por lo tanto, la sucesión carecería de oportunidad y de tiempo suficiente para desarrollarse, hasta generar comunidades muy diversas. Bajo estas condiciones, los humedales tendrían poca materia orgánica sintetizada a disposición de los siguientes niveles tróficos, generando poca energía para sustentar todos los procesos biológicos, incluyendo la dinámica trófica.

Esta hipótesis no se cumple en su totalidad, ya que estos cuerpos de agua albergan una gran cantidad de organismos pertenecientes a diferentes grupos (algas, macroinvertebrados, zooplancton, peces y aves), evidenciando que tienen la energía suficiente para soportar una gran cantidad de niveles tróficos. La energía necesaria para portar esta gran diversidad, no necesariamente está cimentada en los productores primarios y su capacidad de convertir las sustancias inorgánicas a orgánicas; sino, en fuentes externas de energía (alóctonas), o de otras fuentes dentro del sistema como las macrófitas, muy abundantes en la mayoría de los humedales. Según Wetzel y Hough (1973), las macrófitas al reincorporar nutrientes desde el sedimento incrementan su biomasa, la cual queda disponible para los herbívoros u otro tipo de organismos una vez que mueren y se descomponen, sirviendo como una de las principales fuentes de energía para la mayoría de niveles tróficos, y como refugio de diversas clorofitas, del fitoplancton y del perifiton en general.

Funcionalidad Ecológica: servicio de regulación en el mantenimiento del hábitat y la diversidad hidrobiológica

Mantenimiento del Hábitat

De acuerdo con el Índice de Jaccard, los humedales analizados ofrecen una amplia heterogeneidad de hábitats, pues la similaridad en la composición entre los cinco humedales fue muy baja para los tres grupos biológicos analizados (< a 0,50 para el fitoplancton, < 0,3 para el zooplancton y < 0,4 para los macroinvertebrados). A pesar de que los humedales son cercanos geográficamente y tienen las mismas condiciones altitudinales, tienden a comportarse como un hábitat particular (Begon, et al., 2006), que provee muchos nichos diferentes y genera una magnitud alta de cambio en la composición de las especies entre los diferentes paisajes (Whittaker, 1977), incrementando la biodiversidad a nivel regional.

De acuerdo con el índice BMWP/Col, la calidad del hábitat para los macroinvertebrados acuáticos es crítica, con aguas muy contaminadas (Clase V), en los humedales Piamonte, El Llanito y RTVC; mientras que en Madre Vieja y Guadalcanai es dudosa (Clase III), con aguas moderadamente contaminadas (Figura 4). La amplia heterogeneidad de microhábitats (como presencia de pastos en la orilla, macrófitas flotantes, enraizadas y emergentes) en Madre Vieja y Guadalcanai, favoreció una mayor riqueza taxonómica de familias, dentro de las cuales hay indicadores de aguas limpias y medianamente contaminadas.

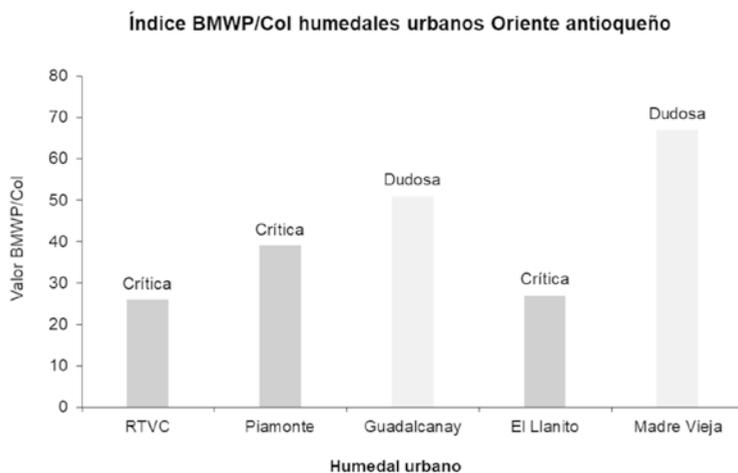


Figura 4. Valores del Índice BMWP/Col en cada humedal.

Mantenimiento de la diversidad taxonómica

Los humedales analizados evidencian una importante funcionalidad ecológica al albergar una alta diversidad taxonómica, especialmente de organismos planctónicos. En una sola campaña de muestreo fueron registrados en total 128 taxones de fitoplancton agrupados en 87 géneros, 56 familias, 32 órdenes, 14 clases, ocho divisiones y 71 taxones de zooplancton (incluye dos estadios larvales de copépodos: nauplios y copepoditos de Cyclopoida). Estos agrupados en 37 géneros, 26 familias, seis órdenes, tres clases y dos phylum (Rotifera y Arthropoda). Se recolectaron además 35 géneros de macroinvertebrados, distribuidos en 24 familias, diez órdenes, seis clases y cuatro phylum (Annelida, Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes).

Los descriptores de estructura de las comunidades, indican que los humedales analizados generan una función óptima en la regulación de la diversidad, al proporcionar una alta disponibilidad de hábitat y de recursos para el establecimiento de numerosos entes taxonómicos, pues la riqueza específica varió

entre 40 y 94 taxones de fitoplancton (promedio= 67 taxones). Dentro de los cuales la riqueza genérica osciló entre 32 y 61 (promedio 50 géneros), 15 y 50 taxones de zooplancton (promedio = 27 taxones) y seis y 23 taxones de macroinvertebrados (promedio = 13 taxones).

Al comparar la riqueza algal hallada en estos humedales con la de sistemas similares, se corrobora que los resultados aquí reportados son altos, pues en humedales urbanos de la sabana de Bogotá se registraron entre 33 y 35 géneros (aunque pertenecientes al ficoperifiton y no al fitoplancton) (Jiménez-Ariza, 2017). Por otro lado, en 13 humedales del Oriente antioqueño, evaluados entre 2017 y 2018 (entre los que se encuentran los aquí analizados, excepto Piamonte) se hallaron entre 16 y 60 géneros de fitoplancton (promedio 30 géneros) (García-Duque et al., 2018 c).

La riqueza zooplanctónica es similar a la reportada por García-Duque et al. (2018 c) en humedales urbanos del Oriente antioqueño, donde se hallaron entre 14 y 40 taxones en los humedales de este estudio (excepto Piamonte) y ocho humedales más. En RTVC y Guadalcanai fue acorde a la hallada en humedales urbanos como Santa María del Lago en Bogotá, donde se registró una comunidad zooplanctónica compuesta por 34 taxones (Pérez-Porras, 2009).

La riqueza de macroinvertebrados es comparable con la reportada por Rivera-Usme et al. (2013) en un humedal de la sabana de Bogotá (Colombia). Quienes en siete sitios de muestreo registraron una riqueza que osciló entre seis y 16 taxones. De igual manera, para tres humedales de esta misma región, Guillot-Monroy (2017), registró valores de riqueza que estuvieron entre 27 y 35 taxones. García-Duque et al. (2018 c), registraron entre siete y 41 taxones en 13 humedales del Oriente antioqueño (entre los que se encuentran los aquí evaluados, excepto Piamonte).

La diversidad presentó valores entre 2,97 y 3,78 Nats/ind (promedio 3,18 Nats/ind) para el fitoplancton. Entre 1,43 y 3,07 Nats/ind (promedio = 2,17 Nats/ind) para el zooplancton y entre 0,98 y 2,63 Nats/ind (promedio = 1,83 Nats/ind) para los macroinvertebrados. Teniendo en cuenta que normalmente el índice de Shannon oscila entre 1,00 y 2,40 Nats/ind y rara vez sobrepasa los 3,12 Nats/ind (Margalef, 1983), la diversidad registrada se ubica en un rango medio alto. Así mismo (Hewitt, 1991), indica que, para el fitoplancton, valores de diversidad a partir de 3,0 Nats/ind pueden considerarse altos. Los del zooplancton se consideran en un rango medio de acuerdo con lo hallado por Pérez-Porras (2009) en otro humedal urbano.

Los valores de diversidad de los macroinvertebrados concuerdan con los obtenidos en otros estudios de humedales de la zona, como el de Quijano et al. (2018), los cuales estuvieron entre 0,77 y 2,69 Nats/ind, y se pueden considerar superiores a los registrados en un humedal de la sabana de Bogotá, que oscilaron entre 0,65 y 2,49 Nats/ind (Rivera-Usme et al., 2013).

Los resultados de los índices de equidad (promedio $> 0,6$) y dominancia (promedio $< 0,3$) corroboran la oferta heterogénea de recursos que proveen estos humedales. Este fenómeno genera una distribución equitativa de las poblaciones, con un aprovechamiento similar de estos por parte de los taxones que conforman dichas comunidades; por lo que en la mayoría de los casos predominan las relaciones de coexistencia, reflejando una buena condición ecológica para estos grupos biológicos.

Este resultado puede estar favorecido por la mayor oferta de nicho ofrecida por las plantas acuáticas y su biota asociada, la materia orgánica generada por su descomposición y el resto del material autóctono, así como por el material orgánico de fuentes alóctonas (Rodríguez-Garzón & Pinilla-Agudelo, 2017).

A pesar de que sus aguas fueron catalogadas como de calidad regular según el IFSN y de calidad dudosa según el BMWP, el humedal Madre Vieja ofreció una mejor función ecosistémica en cuanto al servicio de regulación de la diversidad algal y de macroinvertebrados, más no para la del zooplancton, pues allí este grupo presentó la menor diversidad taxonómica, mientras la mayor la alcanzó el humedal Guadalcanai.

En Madre Vieja, la amplia cobertura vegetal conformada por una gran cantidad de pastos en la orilla, macrófitas flotantes, enraizadas y emergentes favoreció la disponibilidad de refugio y alimento para las poblaciones de macroinvertebrados, pues los sustratos de origen orgánico como raíces de macrófitas, hojarasca, ramas, pastos (asociados a los terrenos aledaños a los cuerpos de agua), macroalgas y otras hidrófitas vasculares, propician el aumento en la diversidad de especies de este grupo, al generar mayor área superficial potencialmente colonizable (Quirós-Rodríguez et al., 2010). Además, en el caso de las algas, la presencia de vegetación acuática incrementa la diversidad y abundancia del ficoperifiton, el cual, por acción mecánica del agua y el viento, entre otros factores, puede desprenderse y pasar a hacer parte del fitoplancton (Oliveira-Martins, 2006).

Adicionalmente, O'Farrell et al. (2003) y Sinistro et al. (2006) indican que, en ambientes con cobertura fluctuante (no permanente) de plantas acuáticas flotantes libres, la diversidad fitoplanctónica es alta, especialmente de organismos heterotróficos y mixotróficos. Por el contrario, para el zooplancton las macrófitas que contienen altas cantidades de macroinvertebrados, como las de este humedal, implican un alto riesgo de depredación (González-Sagrario et al., 2009).

En Guadalcanai, la amplitud y permanencia del espejo de agua pueden ser factores diferenciadores sobre la colonización de poblaciones del zooplancton (Quijano et al., 2008), que además permiten la dominancia de organismos de hábitos planctónicos, como el caso de *Polyarthra*. En los otros cuatro humedales los taxones más abundantes viven principalmente en la zona litoral, el sedimento y los tallos de plantas acuáticas (Jersabek, 2022; Koste y Paggi, 1982; Nogrady et al., 1993).

Mantenimiento de la diversidad funcional

Entre los fitoplancteres de mayor frecuencia y densidad (dominantes) en los humedales objeto de estudio, se encontraron seis de los siete grupos de fitoplancton definidos por Kruk et al. (2009 a) en la clasificación funcional basada en la morfología (Figura 5):

Grupo I. Organismos pequeños con alta relación S/V. *Planktolyngbya* spp., *Crucigeniella* spp., *Monoraphidium* spp. y *Merismopedia* spp. Tienen rápidas tasas de crecimiento y reproducción, frecuentemente dominantes en densidad, aunque, debido a su pequeño tamaño, rara vez alcanzan biomasa alta. Son altamente vulnerables al consumo por herbívoros, pero sus poblaciones se restablecen fácilmente.

Grupo II. Pequeños organismos flagelados con estructuras exoesqueléticas silíceas. *Mallomonas* spp. Generalmente presentan biomasa baja y moderada a alta tasa de consumo.

Grupo IV. Organismos de tamaño medio que carecen de rasgos especializados. *Closterium* aff. *limneticum* y *Scenedesmus* aff. *linearis*. Presentan tolerancia moderada a la limitación por luz y nutrientes y grandes pérdidas por herbivoría.

Grupo V. Flagelados unicelulares de tamaño medio a grande. Grupo con las especies de mayor frecuencia en los humedales: *Chlamydomonas* spp., *Cryptomonas* spp., *Euglena* aff. *proxima*, *Lepocinclis* aff. *acus*, *Monomorpha* spp., *Phacus* aff. *circulatus* y *Trachelomonas* aff. *volvocina*. En general, toleran condiciones limitadas de luz y nutrientes y pueden dominar en sistemas con abundante materia orgánica. Son moderada, a altamente vulnerables a la herbivoría.

Grupo VI. Organismos no flagelados con exoesqueletos silíceos. División Bacillariophyta: *Cyclotella* spp., *Eunotia* spp., *Gomphonema* sp. 1, *Nitzschia* spp. y *Ulnaria* spp. Requieren concentraciones moderadas de silicato y su vulnerabilidad al consumo es moderada.

Grupo VII. Grandes colonias mucilaginosas. *Nephrocytium* spp. Prefieren temperaturas superficiales altas y sistemas con alto estado trófico, poco profundos o estratificados. Cuando alcanzan alta biomasa poblacional (que no es el caso observado en este estudio), pueden llegar a ser notoriamente molestas en los ecosistemas. Son poco consumidas por herbívoros.

Generalmente, los fitoplancteres que hacen parte de los grupos I, II, IV, V y VI, presentan bajas biomasa, por lo que rara vez suponen amenazas serias para la calidad del agua Kruk et al. (2009 a).

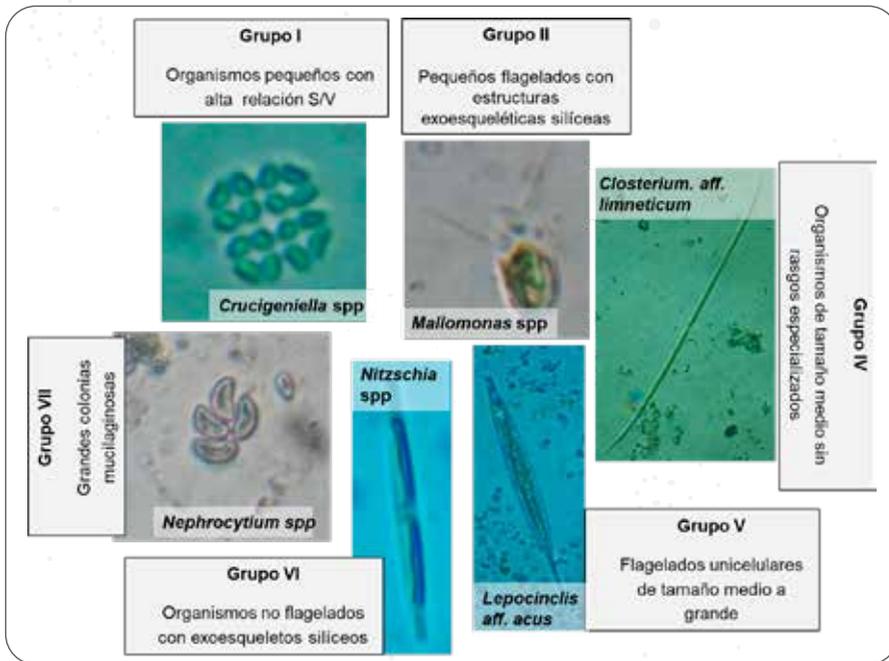


Figura 5. Grupos funcionales del fitoplancton registrados en los cinco humedales estudiados.

La amplia oferta trófica de los humedales permite que el zooplancton allí presente se clasifique dentro de cuatro grupos diferentes (Figura 6), de acuerdo con el tipo de alimentación establecido por Braghin et al. (2018) así:

Filtradores. Grupo más frecuente, diverso y abundante en los humedales. Rotíferos de los géneros *Collotheca*, *Conochilus*, *Filinia*, *Brachionus*, *Kellicotia*, *Keratella*, *Epiphanes*, *Dipleuchlanis*, *Lecane*, *Colurella*, *Lepadella*, *Mytilina*, *Ploesoma*, *Polyarthra*, *Synchaeta*, *Testudinella* y *Trichotria*, y los Bdelloideos. Pequeños y medianos cladóceros de los géneros *Bosmina*, *Bosminopsis*, *Ilyocripts* y *Moina*, y grandes cladóceros del género *Daphnia*. Filtran directamente del agua algas, bacterias y/o detritos (Colé, 1983; Jersabek, 2022).

Succionadores. Rotíferos de los géneros *Ascomorpha*, *Monommata*, *Notommata* y *Trichocerca* (uno de los géneros con mayor diversidad de especies en los humedales), que gracias a su trofi virgado succionan fluidos de diferentes tipos de células algales (De Paggi et al., 2020).

Depredadores. Rotíferos de los géneros *Dicranophoroides* e *Itura*. Dentro de sus presas se encuentran protozoos, nemátodos y otros rotíferos (Ricci & Balsamo, 2020).

Raspadores. Cladóceros bentónicos de los géneros *Ephemeroporus* y *Macrothrix*. Con setas raspadoras en sus patas, se especializan para rastrillar partículas de alimentos adheridos a diferentes tipos de sustratos, como podrían ser los tallos de las plantas acuáticas de los humedales (Dumont & Silva-Briano, 1998; Yalim & Çıplak, 2010).

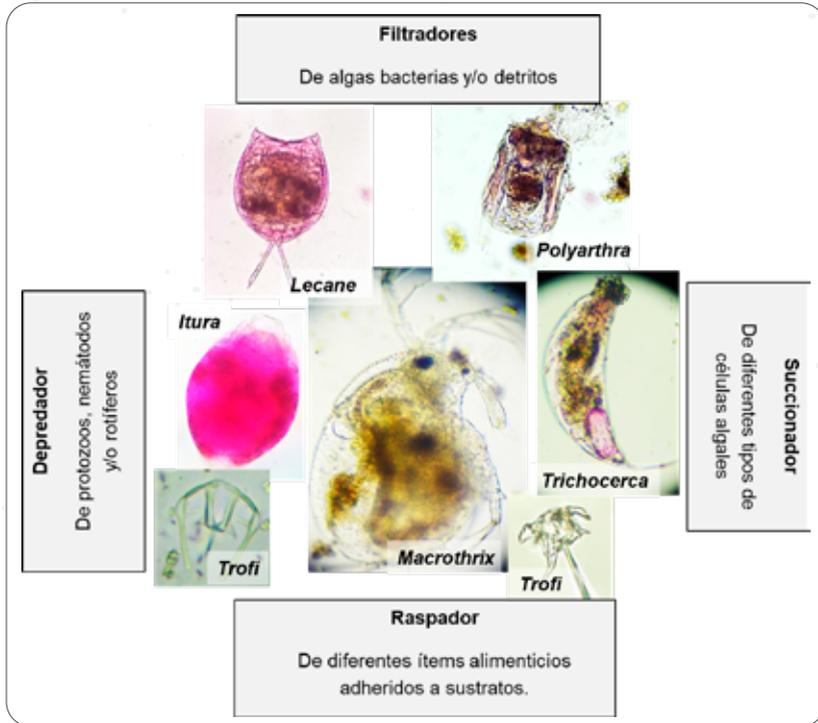


Figura 6. Grupos funcionales del zooplancton registrados en los cinco humedales estudiados.

Los macroinvertebrados también presentaron una amplia diversidad funcional, clasificándose dentro de seis grupos (Figura 7) establecidos de acuerdo con sus relaciones tróficas (o hábitos tróficos) (Hanson et al., 2010; Linares et al., 2018; Merrit et al., 2008).

Depredadores. Los odonatos *Acanthagrion* sp., *Enallagma* sp., *Erythrodiplax* sp., *Ischnura* sp. y *Micrathyria* sp.; los hemípteros *Pelocoris* sp., *Potamobates* sp. y *Notonecta* sp.; los coleópteros *Celina* sp., *Hydrocanthus* sp., *Neobidessus* sp., *Pachydus* sp., *Ranthus* sp. y Staphylinidae sp. Otros grupos como los anélidos *Helobdella* sp. y los platelmintos *Dugesia* sp., principalmente carroñeros. Cazadores activos y/o carroñeros que se alimentan del zooplancton, otros macroinvertebrados y restos de materia orgánica de origen animal.

Fragmentadores. Isópodos de la familia Asellidae sp. Trituran y aprovechan el material vegetal acumulado.

Filtradores. Ostrácodos del orden Podocopida. Se alimentan de material orgánico en suspensión.

Perforadores. Los coleópteros *Tropisternus* sp. y los hemípteros *Heterocorixa* sp. Generalmente succionan tejidos vegetales y savia de raíces y tallos de plantas.

Raspadores. Los moluscos *Physella* sp., *Pseudosuccinea* sp. y *Drepanotrema* sp. Mediante estructuras bucales especializadas, raspan materia orgánica acumulada en la superficie de los sustratos.

Recolectores. Dípteros de la familia Chironomidae sp., los coleópteros *Helochares* sp. y los colémbolos Isotomidae sp. Recogen partículas de materia orgánica generalmente de origen vegetal.

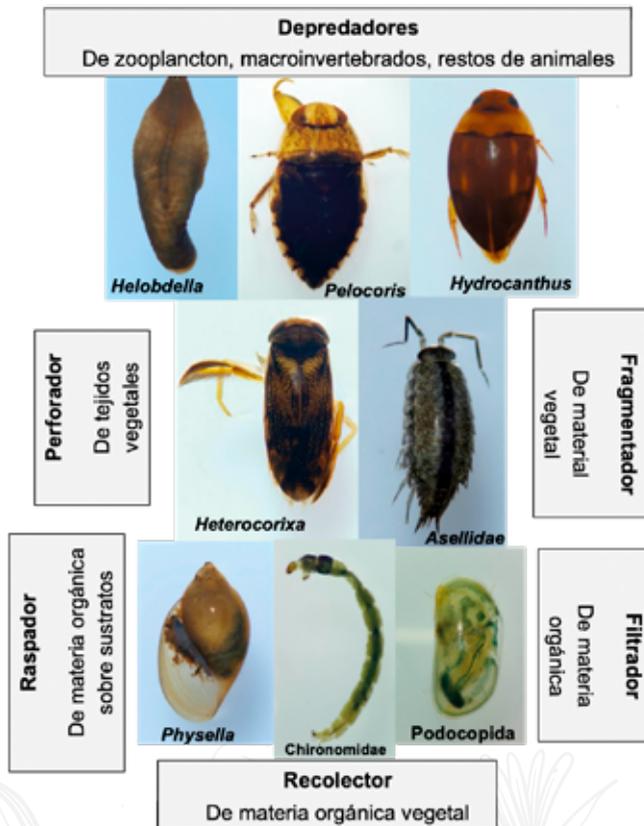


Figura 7. Grupos funcionales de macroinvertebrados registrados en los cinco humedales estudiados.

Relaciones ecológicas

Los taxones que mejor se adaptaron a las condiciones de hábitat ofrecidas por los humedales fueron, para el fitoplancton, *Cryptomonas* spp. en el humedal RTVC, *Chlamydomonas* spp. en el humedal Piamonte, *Trachelomonas* aff. *volvocina* en Guadalcanai, *Merismopedia* spp. en El Llanito y *Nitzschia* spp. en Madre Vieja. Estos taxones en general, son tolerantes a una amplia variedad de condiciones ambientales y nutricionales, colonizan ambientes de pequeño tamaño, turbios, con moderadas concentraciones de nutrientes y altas concentraciones de materia orgánica (John et al., 2002; Meichtry de Zaburlín et al., 2013; Rodríguez et al., 2005; Wołowski, 1998). Particularmente *Cryptomonas* spp. se ve favorecida por su capacidad heterotrófica facultativa (Hernández-Atilano et al., 2008) y *Nitzschia* porque tiene una alta relación superficie/volumen, que mejora su capacidad de flotación y el aprovechamiento de los recursos (luz y nutrientes). Además, se beneficia de los procesos de mezcla para mantenerse en la zona fótica (Stevenson et al., 1996).

Dentro del zooplancton los taxones mejor adaptados pertenecen al grupo de los filtradores. Estos fueron: *Filinia longiseta* y *Lecane curvicornis* en RTVC, los Bdelloideos en Piamonte y Madre Vieja, *Polyarthra* sp. en Guadalcanai y *Collotheca* sp. en El Llanito. El microhábitat de estos taxones, excepto *Polyarthra* sp., que es planctónico, es la zona litoral, el sedimento y los tallos de plantas acuáticas, además pueden adherirse a diferentes sustratos, entre los que se encuentran plantas sumergidas o algas.

Al igual que las algas más abundantes, estos organismos también proliferan en lugares con tasas altas de descomposición de materia orgánica y concentraciones entre medias y altas de nutrientes (Jersabek, 2022; Koste & Paggi, 1982; Nogrady et al., 1993). Pueden alimentarse de recursos altamente disponibles en los humedales, como las algas flageladas *Cryptomonas* spp., *Euglena* y *Trachelomonas*, entre otras (Colé, 1983). *F. longiseta*, también se alimenta de bacterias y detritos (Jersabek, 2022). En general, el zooplancton también puede constituir una fuente de alimento importante para los macroinvertebrados, en especial para insectos depredadores como odonatos (*Micrathyrina* sp., *Ischnura* sp., *Erythrodiplax* sp. y *Acanthagrion* sp.), coleópteros (*Hydrocanthus* sp., *Neobidessus* sp. y *Celina* sp.) y hemípteros (*Pelocoris* sp., *Potamobates* sp. y *Notonecta* sp.) (Figura 8).

Los macroinvertebrados de mayor abundancia fueron las larvas de dípteros de la subfamilia Chironominae sp. (Chironomidae) en RTVC y Piamonte, los isópodos de la familia Asellidae sp. en Guadalcanai, los anélidos *Helobdella* sp. (Rhynchobdellida) en El Llanito, aunque con muy baja abundancia y el coleóptero *Hydrocanthus* sp. en Madre Vieja. En general, habitan en sitios con acumulación de materia orgánica entre la vegetación acuática, en raíces de plantas sumergidas o en aguas someras con acumulación de material vegetal en las orillas y el fondo (Archangelsky et al., 2009; Paggi, 2009; Roldán, 1988).

Particularmente, las larvas de dípteros de la familia Chironomidae, pueden adaptarse fácilmente a aguas con bajas concentraciones de oxígeno, como las de los humedales (Paggi, 2009; Trivinho-Strixino, 2014). Las sanguijuelas *Helobdella* sp. se alimentan de carroña o depredan a otros macroinvertebrados pequeños, aunque también pueden ser ectoparásitos de peces y algunos anfibios (Hanson et al., 2010; Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008). Dentro de los macroinvertebrados hallados, algunos odonatos, coleópteros hemípteros, dípteros, anélidos y moluscos constituyen un importante ítem alimenticio en la dieta de muchas aves (Hanson et al., 2010) (Figura 8).

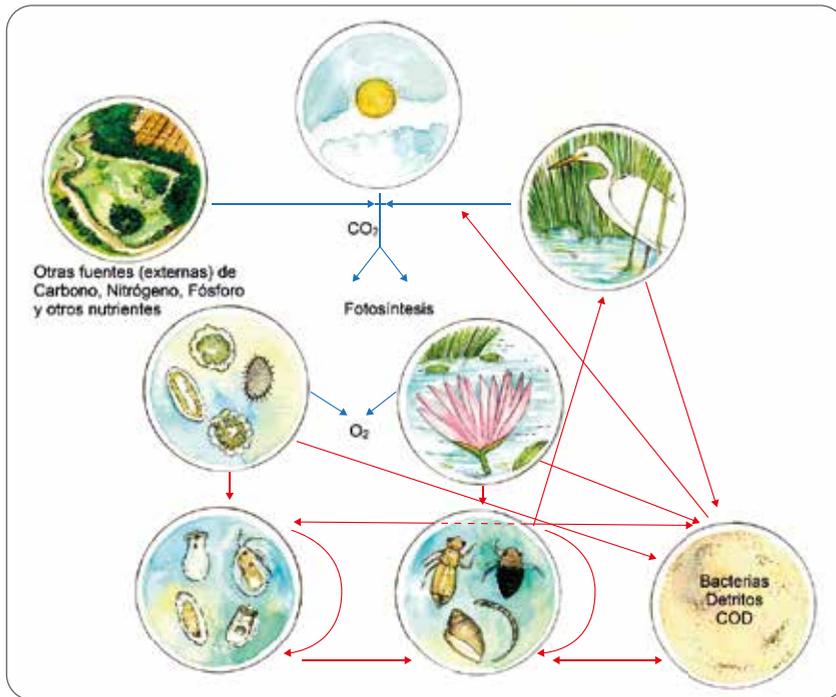


Figura 8. Relaciones ecológicas en los humedales estudiados.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que, a pesar de que la calidad del agua de los humedales estudiados no permite su uso para la mayoría de las destinaciones humanas y que su metabolismo es principalmente heterotrófico, su función biogeoquímica, no comparable con la de otros ecosistemas acuáticos como ríos y lagos profundos, soporta la vida de muchas comunidades acuáticas, las que a su vez posibilitan el mantenimiento de varios grupos de fauna y flora en estos ecosistemas estratégicos, generando una red trófica con una gran cantidad de eslabones.

Además, se evidencia a estos ecosistemas como reguladores de los hábitats que soportan una gran diversidad de estas comunidades, en especial por la presencia de vegetación acuática, que se convierte en un refugio fundamental y en una de las principales fuentes de alimento. Así, la función ecológica de estos humedales es primordial para el equilibrio del ecosistema y de su preservación dependen no solo las comunidades acuáticas, sino gran parte de las comunidades terrestres a su alrededor.

Bibliografía

- Akçakaya, H. R., Rodrigues, A. S., Keith, D. A., Milner-Gulland, E. J., Sanderson, E. W., Hedges, S. & Stephenson, P. J. (2020). Assessing ecological function in the context of species recovery. *Conservation Biology*, 34(3), 561-571.
- Álvarez, L. F. (2005). Desarrollo de una metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos. Contrato N° 05-01-24843-0424PS entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" y Luisa Fernanda Álvarez Arango.
- Archangelsky, M., Manzo, V., Michat, M. C. & Torres, P. (2009). Coleoptera. En: Domínguez, E. & Fernández, H. R. (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 656.
- Ávila, H., Tudares, C., Sánquiz, M., Araujo, M., Morales, N., Rojas, J. & Pirela, D. (2007). Nitrógeno y fósforo en aguas superficiales de la parte baja del río Catatumbo. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 30 (Especial), 29-35.
- Backhaus, P. J., Lee, S., Nassry, M., McCarty, G., Lang, M., Brooks, R. P. (2020). Evaluating a remote wetland functional assessment along an alteration gradient in coastal plain depressional wetlands. *Journal of Soil and Water Conservation*. 75, 727-738.
- Begon, M., Townsend, C. R. & Harper, J. (2006). *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4 ed. Blackwell Publishing.
- Benjumea-Hoyos, C., Suárez-Segura, M. & Villabona-González, S. L. (2018). Variación espacial y temporal de nutrientes y total de sólidos en suspensión en la cuenca de un río de alta montaña tropical. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(165), 353-363.

- Bobbink, R., Whigham, D. F., Beltman, B. & Verhoeven, J. T. (2006). Wetland functioning in relation to biodiversity conservation and restoration. En *Wetlands: Functioning, biodiversity conservation, and restoration*. Springer, Berlin: Heidelberg.
- Braghin, L. D. S. M., Almeida, B. D. A., Amaral, D. C., Canella, T. F., Gimenez, B. C. G. & Bonecker, C. C. (2018). Effects of dams decrease zooplankton functional β -diversity in river-associated lakes. *Freshwater Biology*, 63(7), 721-730.
- Brinson, M. M. (1993). Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands*, 13, 65-74.
- Colé, G. (1983). *Manual de Limnología*. Edit. Hemisferio Sur.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR (2006). Acuerdo Número 43 del 17 de Octubre de 2006 "Por el cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020".
- Cuenca, G. & Intriago, F. (2017). Comportamiento de DBO_5 , DQO, NH_4^+ y NO_3^- , mediante el diseño de un Humedal artificial subsuperficial para depurar aguas residuales de origen doméstico. *Revista la Técnica*, 13, 82-89.
- Domenech, X. & Peral, J. (2016). *Química Ambiental de Sistemas Terrestres*. Reverté S. A.
- Duarte, C. & Agustí, S. (1998). The CO_2 balance of unproductive aquatic ecosystems. *Science*, 281, 234-236.
- Dumont, H. J. & Silva-Briano, M. (1998). A reclassification of the anomopod families Macrothricidae and Chydoridae, with the creation of a new suborder, the Radopoda (Crustacea: Branchiopoda). *Hydrobiologia*, 384(1), 119-149.
- Escobar, R., Gómez-Hoyos, A.C. & Quijano- Abril M. A. (2018). Aspectos hidrológicos y geológicos de los humedales urbanos en el altiplano del Oriente antioqueño. En: M. A. Quijano-Abril (Ed.). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (pp. 33–50). Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Flos, J. (2005). El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas*, 14(1), 7-17.
- Gaarder, T. & Gran, H. (1927). Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. Rapport. *Conseil International sur le Exploration de la Mer*. 42, 1-48.

- García-Duque, J. J., Gómez-Hoyos, A. C. & Quijano-Abril, M. A. (2018 a). Área de estudio y selección de los humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño. En: M. A. Quijano-Abril (Ed.). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (pp. 75–94). Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- García-Duque, J. J., Benjumea-Hoyos, C. A. & Quijano-Abril, M. A. (2018 b). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los humedales del altiplano del Oriente antioqueño. En: M. A. Quijano-Abril (Ed.). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (pp. 97-115). Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- García-Duque, J. J., Gómez-Hoyos, A. C. & Quijano- Abril, M. A., Salazar-Suaza, D., Villabona-González, S. L., Ortíz-Acevedo, L. F., López-Cardona, Y., Medina-Tombé, M. F., Ospina, J. G., Zapata-Noreña, L. M., Venegas-Valencia, C., Correa-Medina, H., Ramírez, J. A., Villa, J., Rivera-Correa, M. & Restrepo-García, J. D. (2018 c). Exploración biótica de los humedales urbanos en el altiplano del Oriente antioqueño. En: M. A. Quijano-Abril (Ed.). En *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (pp. 119-211). Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- García, M., Darío-Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., . . . Cortés, G. (1998). El agua. En *El medio ambiente en Colombia* (pp. 114-189).
- González-Sagrario, G., De Los Ángeles, M., Balseiro, E., Ituarte, R. & Spivak, E. (2009). Macrophytes as refuge or risky area for zooplankton: a balance set by littoral predacious macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 54(5), 1042-1053.
- Gualdrón-Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 1, 83-102. 10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593
- Guillot-Monroy, G. & Pinilla-Agudelo, G. (Eds.) (2017). *Estudios ecológicos en humedales de Bogotá*. 312 pp.
- Guillot-Monroy, G. (2017). Índices de calidad fisicoquímica y de estado trófico del agua de los humedales Guaymaral, Santa María del Lago y Tibanica. En: Guillot-Monroy & Pinilla-Agudelo. (Eds). *Estudios ecológicos en humedales de Bogotá*. 312 pp.
- Hammer, O., Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1): 9 p. Recuperado de <http://www.folkn.oiio.no/ohammer/past>.

- Hanson, P., Springer, M. & Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 3-37.
- Hernández-Atilano, E., Aguirre, N. & Palacio, J. R.-R. (2008). Variación espacio-temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso hidrológico en la Ciénaga de Ayapel (Córdoba). *Actualidades Biológicas*, 30 (88), 67-81.
- Hewitt, G. (1991). River quality investigations, Part 1: Some diversity and biotic indices. *Journal of Biological Education*, 25 (1), 44-52.
- Jersabek, D. (2022). Search Database – Species. Recuperado de <http://rotifera.hausdernatur.at/Species/Index/649#TabStripSpecies-7>. Consultada el 10 de febrero de 2022.
- Jiménez-Ariza, O. (2017). La comunidad del fitoperifiton y el estado ecológico de los humedales Santa María del Lago, Meridor y Juan Amarillo. En: Guillot-Monroy & Pinilla-Agudelo. (Eds). *Estudios ecológicos en humedales de Bogotá*. 312 pp.
- John, D., Whitton, B. & Brook, A. (2002). *The freshwater algal floral of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Londres: The Natural History Museum.
- José de Paggi, S. B. J., Wallace, R., Fontaneto, D. & Marinone, M. C. (2020). *Phylum Rotifera*. In *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrate* (pp. 145-200). Academic Press.
- Koste, W. & De Paggi, S. J. (1982). Rotifera of the superorder Monogonta recorded from Neotropics. *Gewasser*, 68/69, 71-102.
- Kruk, C., Huszar, V., Peeters, E., Bonilla, S., Costa, L., Lüring, M., Reynolds, C. & Scheffer, M. (2009 a). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55, 614-627.
- Kruk, C., Vidal, L., Aubriot, L., Bonilla, S. & Brena, B. (2009 b). Metodologías de análisis de cianobacterias. Capítulo 5. En: S. Bonilla. (Ed.). *Cianobacterias planctónicas del Uruguay: manual para la identificación y medidas de gestión*. Montevideo: UNESCO. pp. 19-26. (Documento Técnico PHI No 16).
- Linares, E. L., Lasso, C. A., Vera-Ardila, M. L. & Morales-Betancourt, M. A. (2018). *Moluscos dulceacuícolas de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 326 pp.

- Lurié, D. & Wagensberg, J. (1979). Non-equilibrium thermodynamics and biological growth and development. *J. theor. Biol*, 78, 241-250.
- Margalef, R. (1963). On certain unifying principles in ecology. *The American Naturalist*, 97 (897), 357-374.
- Margalef, R. (1980). La biosfera: entre la termodinámica y el juego. Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Margalef, R. (1993). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Maza-Lema, J. A. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Meichtry de Zaburlín, N., Vogler, R., Martín Llano, V. & Martens, I. (2013). Fitoplancton del embalse Yacyretá (Argentina-Paraguay) a una década de su llenado. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 225-239.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition*. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. 1158 p.
- Nogrady, T., Wallace, R. L. N. & Snell, T. W. (1993). *Rotifera*. Volume 1: Biology, ecology and systematics. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Acad. Publ. The Hague, The Netherlands.
- O'Farrell, I., Sinistro, R., Izaguirre, I. & Unrein, F. (2003). Do steady state assemblages occur in shallow lentic environments from wetlands? *Hydrobiologia*, 502, 197-209.
- Odum, E. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 262-270.
- Oliveira-Martins, F. (2006). Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica in situ a diferentes condições ambientais no Rio Santa da Vitória. Tesis doctoral. Universidade Federal Do Espírito Santo. 134 p.
- Paggi, A. C. (2009) Diptera Chironomidae. Capítulo 13. En: E. Domínguez & H. R. Fernández (Eds). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 656.

- Pérez-Castillo, A. G. & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Biología Tropical*, 56(4), 1905-1918.
- Pérez-Porras, M. (2009). Estructura de la comunidad zooplanctónica en un humedal urbano andino neotropical por un periodo de siete meses. Trabajo de grado. Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10654/430>.
- Prigogine, I. (1998). *¿Tan sólo una ilusión?: Una exploración del caos al orden*. Barcelona. Tusquets Editores.
- Pulido-López, P. C. & Pinilla-Agudelo, G. A. (2017). Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Ciencias Naturales*, 41, 41-50.
- Quijano-Abril, M., Villabona-González, S., García-Duque, J. & Gómez-Hoyos, A. (2018). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización*. Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Quirós-Rodríguez, J. A., Dueñas-Ramírez, P. R. & Ballesteros-Correa, J. (2010). Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias*, 22: 147-157.
- Roldán-Pérez, G. & Ramírez-Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Ricci, C. & Balsamo, M. (2000). The biology and ecology of lotic rotifers and gastrotrichs. *Freshwater Biology*, 44(1), 15-28.
- Rivera-Usme, J. J. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboquecolombia. Armenia, Quindío, Colombia. *Caldasía*, 35(2), 389-408.
- Rodríguez-Garzón, L. & Pinilla-Agudelo, G. (2017). El fitoplancton y el grado de trofismo de los humedales Santa María del Lago y Juan Amarillo y del embalse San Rafael. En G. Guillot Monroy & G. Pinilla Agudelo (Eds.). *Estudios ecológicos en humedales de Bogotá. Aplicaciones para su evaluación, seguimiento y manejo* (págs. 147-168). Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

- Rodríguez, M., Busso, F., M. A., B., Ruibal-Conti, A., Ruiz, M. & Angelaccio, C. (2005). Floraciones de algas en el embalse San Roque (Córdoba). Memorias XX Congreso Nacional del Agua y III simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza (Argentina).
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá Fondo FEN - Colombia. p. 217.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col*. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 170.
- Sierra-Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua*. Medellín, Antioquia: Universidad de Medellín.
- Silvert, W. (1982). The theory of power and efficiency in ecology. *Ecological Modelling*, 15, 159-164.
- Sinistro, R., Izaguirre, I. & Asikian V. (2006). Experimental study on the microbial plankton community in a South American wetland (Lower Paraná River Basin) and the effect of the light deficiency due to the floating macrophytes. *Journal of Plankton Research*, 28, 753-768.
- Stevenson, R., Bothwell, M. & Lowe, R. (1996). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystem*. San Diego: Academic Press.
- Strickland, J. & Parsons, T. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fisheries research board of Canada. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada.
- Tarradellas, J. (2006). Red de calidad del agua de los ríos de Colombia. *Lausanne*.
- Trivinho-Strixino, S. (2014). Capítulo 26: Ordem Diptera. Família Chiromidae. Guia de identificação de larvas. En: Hamada, N., Nessimian, J.L., Barbosa-Querino, N. (Eds.). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus (Brasil): Editora do INPA. p. 724.
- Vásquez-Botello, A. (2005). *Golfo de México: contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. México: Universidad Autónoma de Campeche.
- Vásquez, C., Ariza, A. & Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Pontificia Universidad Javeriana, Universitas Scientiarum*, XI(2), 61-75.

- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España: Omega.
- Wetzel, R. G. & Hough, R. A. (1973). Productivity and role of aquatic macrophytes in lakes: An assessment. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 20, 9-19.
- Whittaker, R. H. (1977). Evolution of species diversity in land communities. En Hecht, M.K. and Steere, B.W.N.C. (Eds.). *Evolutionary Biology*. Nueva York: Plenum Press, New York, 1-67.
- Wołowski, K. (1998). Taxonomic and environmental studies on Euglenophytes of the Krakow-Częstochowa Upland (Southern Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 6, 3-192.
- Yalim, F. B. & Çıplak, B. (2010). Redescription of *Ephemeroporus barroisi* (Richard, 1894) (Cladocera, Chydoridae) on the basis of material from Mediterranean Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(4), 551-558.



Capítulo 2

Los bancos de semillas como indicadores en los procesos de sucesión natural de los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su utilidad en la restauración ecológica





Los bancos de semillas como indicadores en los procesos de sucesión natural de los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su utilidad en la restauración ecológica

Daniela Cardona-Alzate^{1,2}, Daniela Salazar-Suaza^{1,4}, Mario Alberto Quijano-Abril^{1,2} y José Miguel Rojas-Villa^{1,3}.

Introducción

Los humedales son ecosistemas estratégicos de vital importancia en los procesos de regulación hídrica, brindan gran cantidad de servicios ecosistémicos a los seres humanos y representan el hábitat de una amplia diversidad de especies (Mitsch & Gossilink, 2000). En el altiplano del Oriente antioqueño, estos ecosistemas han sufrido perturbaciones de diferentes orígenes debido a las actividades antrópicas, las cuales están asociadas a los cambios en la composición de diversas especies propias de los humedales y a su desaparición parcial o total (Salazar-Suaza & Quijano-Abril, 2020). Un componente biótico de gran importancia en estos ecosistemas es la vegetación acuática, debido a diferentes factores como su productividad primaria, filtración de sedimentos y sustancias tóxicas, sumado a esto, su capacidad de brindar refugio, así como hábitat y alimento a diferentes especies de fauna (Bornette & Puijalon, 2011; Cook, 1996; Sculthorpe, 1967; Yu et al., 2019).

¹ Grupo de Investigación Estudios Florísticos, Herbario Universidad católica de Oriente.

² Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente.

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente.

⁴ Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.

El surgimiento de los hábitos de crecimiento acuático ha sido propiciado por el desarrollo de estructuras morfológicas y anatómicas peculiares, que les permite a estas plantas desarrollar su ciclo de vida bajo inundación transitoria o constante (Arber, 1920). Ningún otro grupo de plantas presenta una diversidad tan amplia de formas de reproducirse como lo exhiben las plantas acuáticas, en ellas es posible observar múltiples sistemas de propagación, que van desde el desarrollo de semillas, hasta la reproducción clonal, que puede ser más eficiente que en plantas que habitan ecosistemas terrestres (Barrett et al., 1993). Una proporción considerable de plantas acuáticas tiene frutos indehiscentes, uniseminados en forma de aquenios, permitiendo que los embriones estén protegidos, tanto por el pericarpio como por la cubierta seminal, lo cual, es posiblemente un rasgo funcional que les permite resistir la putrefacción y evitar el deterioro del embrión, al estar latentes y sumergidas en el agua por un prolongado periodo de tiempo (Marloth, 1883). La predominancia entre plantas acuáticas de tener semillas que presentan cubiertas seminales elaboradas e impermeables, sugiere que plantas sin la capacidad de generar una adecuada protección de los embriones, son incapaces de sobrevivir en un ecosistema acuático (Arber, 1920).

La impermeabilidad de las semillas y el tiempo que permanecen sumergidas en el agua son factores que promueven el retraso de la germinación y propician el desarrollo de latencia seminal (Arber, 1920). La latencia es un fenómeno que regula el tiempo de germinación de las semillas, mientras se da el desarrollo adecuado de los tejidos que forman el embrión. En este último suceden modificaciones morfológicas, anatómicas, fisiológicas, bioquímicas, epigenéticas, entre otras que permiten la emergencia de la radícula y el posterior establecimiento de la plántula en un ambiente adecuado (Baskin & Baskin, 2014). De acuerdo con Baskin & Baskin (2004), existen cinco clases de latencia que pueden exhibir las semillas: PD = latencia fisiológica, PY = latencia física, MD = latencia morfológica, MPD = latencia morfo-fisiológica y PY + PD = latencia combinada. Estas son determinadas por la permeabilidad o impermeabilidad de la cubierta seminal al agua, si el embrión es desarrollado o subdesarrollado, si el embrión está fisiológicamente latente o no y por el Tiempo Medio de Germinación de las semillas (TMG) (Baskin & Baskin, 1989).

La mayoría de Angiospermas acuáticas desarrollan semillas con latencia prolongada, lo cual facilita que muchas de ellas resistan largos periodos de tiempo flotando en el agua o almacenadas en el sedimento de los humedales formando bancos de semillas (Arber, 1920; Cronk & Fennessy, 2001). Un banco de semillas es una colección de semillas viables almacenadas en el suelo de un ecosistema con un alto potencial de regeneración (He et al., 2016), diferentes autores sugieren que el banco de semillas es un importante recurso para la potencial restauración de los humedales (Hong et al., 2012; Smith et al., 2002). Sin embargo, la biología reproductiva de la vegetación acuática es compleja y no se ha estudiado a profundidad. Por lo general, estas plantas se reproducen vegetativamente, y existen pocos estudios donde se incluyan aspectos sobre la reproducción sexual y sus bancos de semillas (Eckert et al., 2016).

Aunque en los últimos años se han realizado trabajos de caracterización de la flora acuática y su composición, con miras a la conservación de los humedales del Oriente antioqueño (Posada & López, 2011; Salazar-Suaza & Quijano-Abril, 2020), poco se conoce sobre la diversidad y composición de especies en los bancos de semillas de estos ecosistemas. Asimismo, existe poca información relacionada con las características morfológicas, anatómicas y las clases de latencia que pueden desarrollar las semillas de las plantas que habitan allí. Estos aspectos requieren mayor atención, sobre todo para poder comprender los procesos de regeneración natural en este tipo de ecosistemas y tomar decisiones para su restauración o rehabilitación.

En este capítulo se pretende estudiar la morfología y anatomía de las semillas que conforman bancos en los suelos de humedales del altiplano del Oriente antioqueño. Asimismo, se analizará cuales, y qué tipo de especies depositan a largo plazo sus semillas en el suelo y cómo este fenómeno podría ser un insumo importante para entender dinámicas de restauración ecológica, así como fenómenos de sucesión vegetal en estos ambientes.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en el altiplano del Oriente antioqueño, a lo largo de la cuenca del río Negro, una de las zonas con mayor crecimiento urbanístico del departamento. Para realizar el presente estudio, fueron seleccionados un total de cuatro humedales pertenecientes a los municipios de Rionegro (3) y Marinilla (1) (Figura 1). Estos ecosistemas estratégicos se encuentran ubicados en zonas urbanas y rurales a altitudes desde los 2.120 hasta los 2.250 msnm, algunos de ellos son naturales, mientras que otros han sido creados de manera artificial por minería aluvial (Salazar-Suaza & Quijano-Abril, 2020).

Humedal Guadalcanai (HG): este humedal de origen artificial se encuentra ubicado en una zona semiurbana del municipio de Rionegro (Figura 1A). Su composición florística está dominada por especies de hábito flotante enraizado en mayor medida como *Nymphaea elegans* Hook, *Bacopa salzmännii* (Benth.) Wettst. ex Edwall y *Ludwigia palustris* (L.) Elliott. A su vez, presenta especies de hábito arraigado emergente dominantes como *Cyperus luzulae* (L.) Rottb. ex Retz, *Polygonum punctatum* Elliot, *Leersia hexandra* Sw y *Eleocharis elegans* (Kunth) Roem & Schult.

Humedal RTVC (RTVC): este humedal de origen natural se encuentra ubicado en una zona rural del municipio de Marinilla (Figura 1B). Su composición florística está dominada por especies de hábito flotante enraizado y flotante libre como *Nymphaea elegans* y *Utricularia gibba* L. A su vez, presenta especies de hábito arraigado emergente dominantes como *Rhynchospora corymbosa* (L.) Britton, *Proserpinaca palustris* L, *Centella asiatica* (L.) Urb y *Eleocharis montana* (Kunth) Roem & Schult.

Humedal El Llanito (HLL): este humedal de origen artificial se encuentra ubicado en una zona urbana del municipio de Rionegro (Figura 1C). Su composición florística está dominada por especies de hábito flotante enraizado como *Nymphaea elegans* y *Bacopa salzmanii*. A su vez, presenta especies de hábito arraigado emergente muy dominantes como *Juncus microcephalus* Kunth, *Polygonum punctatum*, *Eleocharis elegans*, *Eleocharis filiculmis* Kunth y *Rhynchospora corymbosa*.

Humedal Madre Vieja (MV): este humedal de origen natural se encuentra ubicado en una zona semiurbana del municipio de Rionegro (Figura 1D). Su composición florística está dominada por especies de hábito flotante enraizado y flotante libre como *Nymphaea elegans*, *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdcy *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. A su vez, presenta especies de hábito arraigado emergente dominantes *Hedychium coronarium* J. Koenig, *Cyperus papyrus* L. y *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H. Raven.



Figura 1. Zonas donde se llevó a cabo el estudio. A. Humedal Guadalcanai, B. Humedal RTVC, C. Humedal El Llanito, D. Humedal Madre Vieja.

Muestreo de los bancos de semillas y ensayos de germinación

El muestreo fue realizado en el límite de la zona de transición acuático-terrestre, la cual se define como un ecotono presente en una planicie de inundación donde la tierra y el agua están conectados por una frontera móvil, regida por el nivel del agua (Dgebuadze & Gladyshev, 2016; Junk et al., 2011). En esta zona se realizaron 10 parcelas aleatorias con un cuadrante de 0,5 x 0,5 m, teniendo presente los diversos fragmentos de vegetación y tratando de cubrir la mayor área posible de

cada humedal. Asimismo, se realizó la caracterización del porcentaje de cobertura de las especies presentes en cada parcela. El banco de semillas fue evaluado por medio de la metodología utilizada por Montenegro et al. (2006), donde se utilizó el método de emergencia de plántulas. Para esto se tomaron submuestras de suelo con un barreno en cada parcela, las cuales fueron agrupadas y homogeneizadas en una sola muestra (Bigwood & Inouye, 1988). Posteriormente, las muestras de suelo del banco de semillas se llevaron al vivero donde se colocaron en bandejas de germinación y donde se extrajo el material orgánico de mayor tamaño. Además, las bandejas tuvieron un riego constante mediante un sistema de nebulización, garantizando que las muestras se mantuvieran húmedas el mayor tiempo posible. Se colectaron también muestras de estructuras reproductivas de las especies presentes al interior de los cuadrantes para realizar ensayos de germinación y facilitar la determinación de las especies que fueran emergiendo de las bandejas, estas semillas fueron sembradas en cajas de Petri usando fibra de coco como sustrato. Se usaron tres réplicas de siembra por especie y 50 semillas por réplica. En cada réplica se hizo un monitoreo contante de la germinación durante cuatro meses y se estimó el Tiempo Medio de Germinación (TMG) de las semillas por especie. Finalmente, se tomaron muestras de suelo en cada uno de los humedales para realizar análisis físicos.

Caracterización anatómica de semillas

Para la caracterización anatómica se seleccionaron frutos y semillas de cuatro especies (*Nymphaea elegans*, *Eleocharis elegans*, *Juncus microcephalus* y *Persicaria punctata*), ya que fueron las más representativas en los bancos de semillas. Semillas y frutos fueron fijados al FAA (Formaldehído, Ácido acético y Etanol) (Johansen, 1940). Se deshidrataron en series ascendentes de etanol (70%, 80%, 90% y 100%) y se infiltraron en parafina Paraplast®. Las secciones anatómicas se hicieron con un micrótopo rotatorio Leica RM2125 y fueron visualizadas a través de un microscopio óptico Olympus CX31. Todas las placas fueron teñidas con Safranina-Azul de Alcian (Fasga) (Tolivia & Tolivia, 1987). A nivel anatómico se tuvieron en cuenta múltiples caracteres descriptivos de los tegumentos, el pericarpio, el endospermo y el embrión. La terminología empleada para las descripciones será tomada de Corner (1976), Martin (1946) y Stearn (1983).

Determinación de las clases de latencia

Para la asignación de las clases de latencia, fueron tomados en cuenta los resultados obtenidos de los ensayos de germinación y la caracterización anatómica. En este sentido, una semilla se consideró latente si su TMG supera 30 días y si caracteres relacionados al embrión y los tegumentos exhiben los patrones necesarios para asignar una clase de latencia, siguiendo la clave propuesta por (Baskin & Baskin, 2014), la cual agrupa las semillas latentes en cinco grupos: semillas con latencia física (PY), especies con capas de semillas

impermeables, embriones bien desarrollados y no latentes; latencia morfológica (MD), especies con semillas que contienen embriones no desarrollados y un TMG de <30 días; latencia morfofisiológica (MPD), con semillas que contienen embriones no desarrollados y un TMG >30 días; latencia fisiológica (PD), semillas que son permeables al agua, con embriones bien desarrollados y un TMG >30 días; y latencia combinada (PY + PD), semillas que son impermeables al agua y tienen una latencia fisiológica.

Análisis de datos

Para el análisis de la información se utilizaron diferentes índices de diversidad (Riqueza, Shannon H', Dominancia – D Simpson) y los números efectivos de Hills (Q0, Q1, Q2). El índice de diversidad Q0 representa la riqueza del ecosistema, el cual, es el número efectivo de especies que se encontró en el sitio de muestreo. Q1 significa la equivalencia de las especies en común dentro de una comunidad y Q2 la equivalencia de las especies dominantes, así mismo, se puede interpretar como el número de especies más abundantes (Chao et al., 2012). Se hicieron regresiones lineales y no lineales para analizar la relación existente entre la densidad aparente de los sedimentos y la diversidad, abundancia y dominancia de especies en los cuatro ecosistemas. Todos los datos fueron analizados con el software estadístico Past versión 4,03 (Hammer et al., 2001).

Resultados

Diversidad de especies en los bancos de semillas obtenidos para cada humedal

Los bancos de semillas registrados en los diferentes humedales estudiados estuvieron constituidos por 13 familias, 16 géneros y 25 especies. Se obtuvo una mayor representación de las familias Cyperaceae (33%), Poaceae (22%), Onagraceae (15%), Polygonaceae (11%), Lythraceae (11%) y Juncaceae (8%) (Figura 2A). Por otro lado, los géneros más representativos fueron *Eleocharis* (28%), *Ludwigia* (22%), *Persicaria* (17%), *Juncus* (11%), *Cyperus* (11%) y *Carex* (11%) (Figura 2B). En relación con la abundancia de las especies en los bancos de semillas, se obtuvo que el humedal Madre Vieja presentó el mayor número de emergencia de plántulas (832 plántulas), con una representatividad importante de la familia Onagraceae (265 plántulas), mientras que, el humedal con menor abundancia de especies fue el humedal Guadalcanal con 260 plántulas, siendo la familia Polygonaceae la menos abundante (1 plántula).

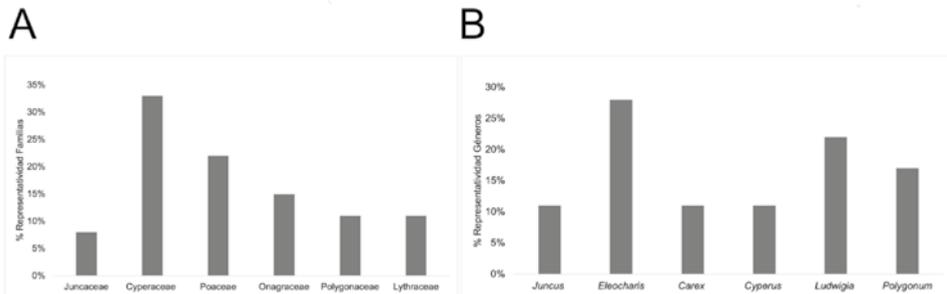


Figura 2. Familias, géneros y especies representativas en los humedales estudiados. A. Porcentaje de las familias más representativas, B. Porcentaje de los géneros más representativos.

El humedal El Llanito presentó la mayor riqueza en los bancos de semillas con 18 especies, mientras que el humedal Guadalcanai registró la menor riqueza con 14 especies, respectivamente. El índice de dominancia de Simpson presentó variaciones bajas entre 0,09963 y 0,3017, donde las especies de *Ludwigia palustris*, *Nymphaea elegans* y el género *Eleocharis* fueron las de mayor representación con 457, 300 y 144 plántulas, respectivamente. El índice de diversidad de Shannon presentó resultados óptimos en los humedales de El Llanito, Madre vieja y RTVC, dado que su variación se presentó entre 2,074 y 2,475 (Tabla 1). Caso contrario ocurre en el humedal Guadalcanai, el cual presentó valores bajos de diversidad con un resultado de 1,672. Por otro lado, el humedal con mayor equivalencia de especies en común (Q1) es RTVC con 11 especies y el que obtuvo menor equivalencia fue el humedal Guadalcanai con 3 especies. Posteriormente, los resultados obtenidos para Q2 arrojaron que el humedal con especies más abundantes es RTVC (10 especies) y el humedal con menos especies abundantes fue Guadalcanai (3 especies) (Tabla 2).

Tabla 1. Índices que representan la diversidad Beta en los cuatro humedales estudiados.

Índices	HLL	HG	MV	RTVC
Riqueza	18	14	17	16
Abundancia	553	260	832	281
Dominance_D	0,1251	0,3017	0,1533	0,09963
Shannon_H	2,273	1,672	2,074	2,475

HLL = humedal El Llanito, HG = Humedal Guadalcanai, MV = Humedal Madre Vieja, RTVC = Humedal RTVC.

Tabla 2. Índices que representan la diversidad Alfa en los cuatro humedales estudiados.

Alpha	HLL	HG	MV	RTVC
Q0	18	14	17	16
Q1	9,7041	5,3219	7,9543	11,883
Q2	7,9931	3,3141	6,5222	10,037

HLL = humedal El Llanito, HG = Humedal Guadalcanai, MV = Humedal Madre Vieja, RTVC = Humedal RTVC.

Relación de la física del sedimento con los bancos de semillas

Los resultados obtenidos de los modelos de regresión mostraron una relación gaussiana entre la densidad aparente de los sedimentos y la abundancia de especies en los humedales, en la cual se evidenció que en los humedales naturales Madre Vieja y RTVC la mayor abundancia de especies se exhibe en sitios donde la densidad aparente está entre 1,3 y 1,4 g/cm³. Mientras que, en zonas donde la densidad fue inferior a este rango, la abundancia disminuyó hasta en un 75% (Figura 3A). Por otro lado, en los humedales artificiales El Llanito y Guadalcanai, se observó una baja abundancia de especies relacionada con valores más altos de densidad aparente, que van de 1,45 a 1,6 g/cm³, respectivamente (Figura 3A).

La diversidad de Shannon y la dominancia de especies mostraron una relación lineal con la densidad aparente. En los humedales RTVC y Guadalcanai se pudo observar que a medida que la densidad aparente aumenta, la diversidad de especies es menor, mostrando una relación inversamente proporcional, lo cual, también se ve reflejado en la dominancia de algunas especies. Lo anterior puede presentarse debido a que en los sitios donde la diversidad fue inferior por causa de las altas densidades, la dominancia de ciertas especies fue mayor (Figura 3B y C). En contraste, en los humedales Madre Vieja y El Llanito, la diversidad se disminuyó en zonas donde la densidad fue de 1,3 a 1,5 g/cm³, pero aumentó en zonas que presentaron densidades de 1,1 a 1,2 y de 1,5 a 1,6 g/cm³. En las zonas donde la densidad fue de 1,3 a 1,5 y la diversidad de especies disminuyó en estos dos humedales, la dominancia de especies fue mayor (Figura 3B y C).

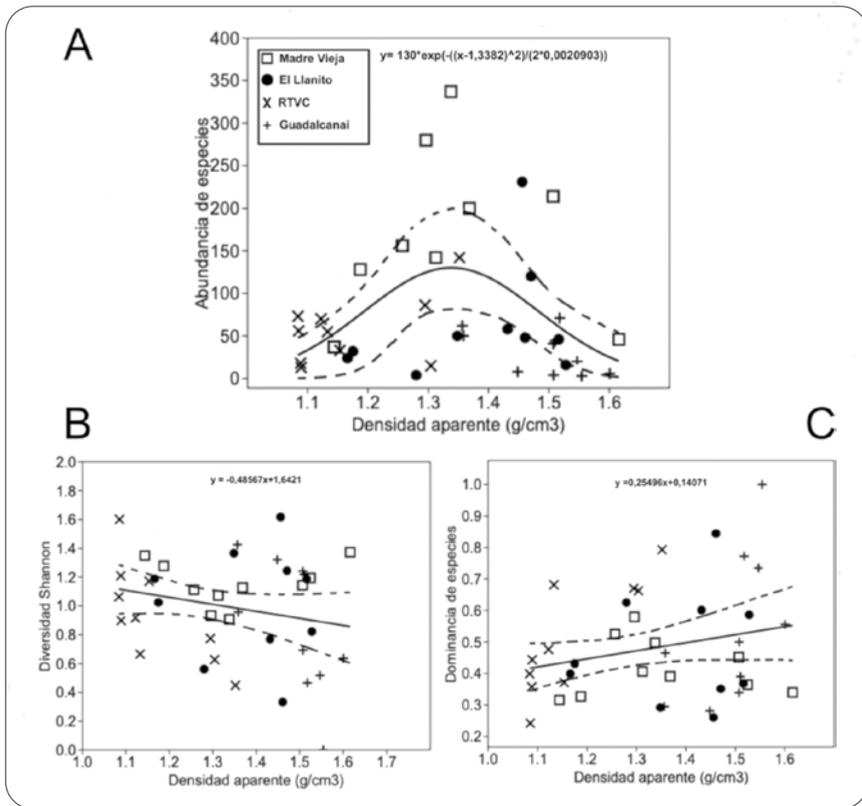


Figura 3. Relaciones entre la densidad aparente de los sedimentos con la abundancia, diversidad de Shannon y diversidad de especies en los cuatro humedales. A. Relación gaussiana entre la densidad aparente y la abundancia de especies, B. Relación lineal inversamente proporcional entre la densidad aparente y la diversidad de Shannon, C. Relación lineal directamente proporcional entre la densidad aparente y la dominancia de especies. Líneas punteadas indican intervalos de confianza del 95%.

Anatomía comparada y latencia de semillas

De las cuatro especies estudiadas, tres presentaron semillas con latencia morfofisiológica (MPD) y una desarrolló semillas con latencia combinada (PY+PD). *N. elegans*, *E. elegans* y *J. microcephalus* desarrollaron MPD, mientras que *P. punctata* desarrolló PY+PD, respectivamente. Las cuatro especies exhibieron semillas que presentaron un tiempo medio de germinación superior a 30 días y exhibieron rasgos anatómicos característicos de estas dos clases de latencia (Tabla 3).

Tabla 3. Clases de latencia, tipos de embriones y tiempo medio de germinación que presentaron las semillas de las especies estudiadas.

Familia	Especie	Tipo de embrión	TMG	Clase de latencia
Juncaceae	<i>Juncus microcephalus</i>	Amplio	>30	MPD
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea elegans</i>	Amplio	>30	MPD
Cyperaceae	<i>Eleocharis elegans</i>	Capitado	>30	MPD
Polygonaceae	<i>Persicaria punctata</i>	Periférico	>30	PY+PD

TMG = tiempo medio de germinación, MPD = latencia morfofisiológica, PY + PD = latencia combinada.

Descripción anatómica de *Nymphaea elegans*: presenta semillas orbiculares con superficie de color rojo brillante. Cada semilla desarrolla un arilo micropilar con forma de papila, de color blanco (Figura 4B). La cubierta seminal está formada por dos integumentos; el integumento externo se diferencia en una exotesta compuesta por células mucilaginosas y una endotesta comprimida, con células que almacenan taninos (Figura 4C y D). Mientras que el integumento interno exhibe una morfología simple, con una capa de células en forma de membrana saturadas de taninos (Figura 4D). Ambos integumentos forman el micrópilo, el cual se encuentra cubierto por un arilo compuesto de células de parénquima con sustancias almacenadas (Figura 4C). Las semillas de *N. elegans* tienen embriones amplios subdesarrollados, rodeados por un endospermo parenquimatoso, además de un perisperma formado por células con abundante almacenamiento de sustancias ergásticas (Figura 4C).

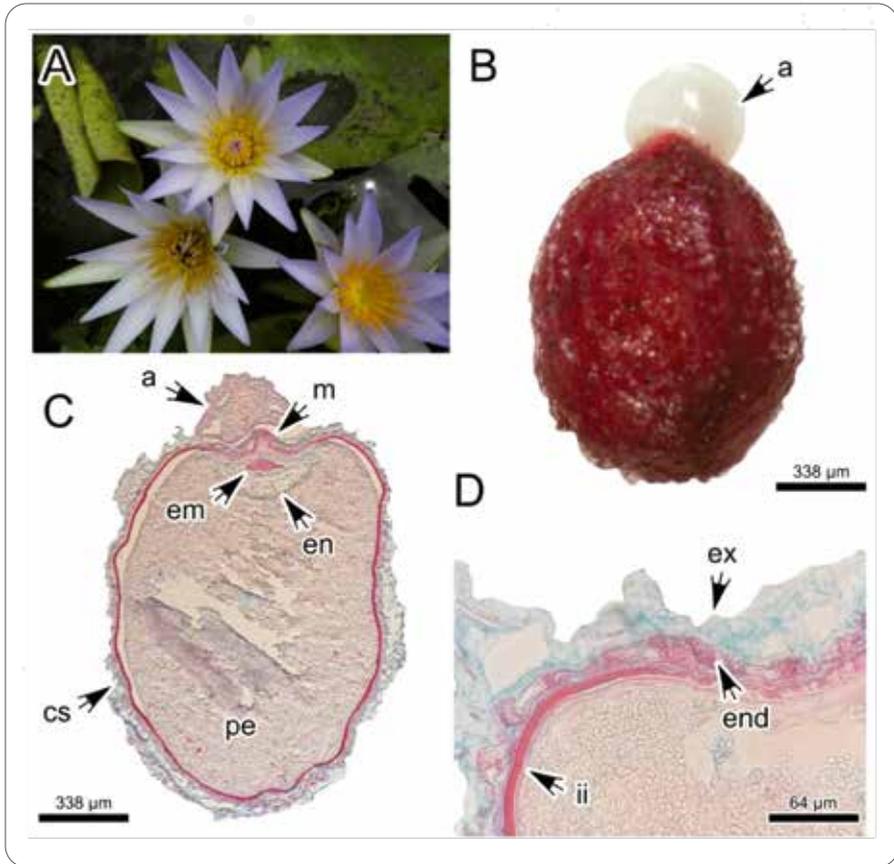


Figura 4. Anatomía de las semillas de *Nymphaea elegans*. A. Flores de *Nymphaea elegans*, B. Morfología de las semillas, C. Detalles anatómicos del embrión, el endospermo y el arilo de las semillas, D. Cubierta seminal de las semillas. a = arilo, cs = cubierta seminal, en = endospermo, end = endotesta, em = embrión, ii = integumento interno, m = micrópilo, pe = perisperma.

Descripción anatómica de *Juncus microcephalus*: desarrolla semillas falcadas de color marrón claro y algunas punteaduras negras (Figura 5B). Son semillas conformadas por dos integumentos, que se reducen a una membrana de células con abundantes acumulaciones de taninos, en la que el integumento interno solo se observa en el extremo de la semilla formando el micrópilo (Figura 5C). El embrión es amplio subdesarrollado, rodeado por un endospermo rígido que ocupa $\frac{3}{4}$ partes de la semilla y está conformado por células con almidón almacenado en su interior (Figura 5C).

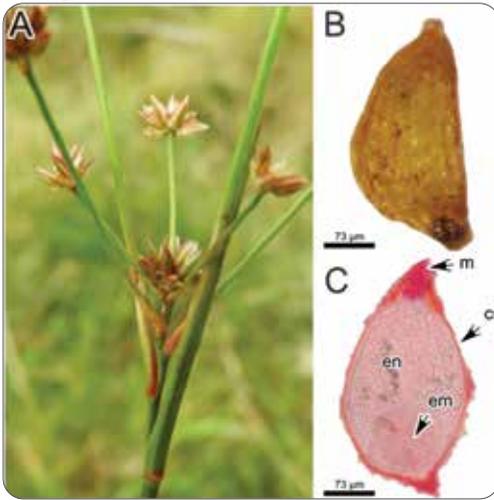


Figura 5. Anatomía de las semillas de *Juncus microcephalus*. A. Inflorescencias de *Juncus microcephalus*, B. Morfología de las semillas, C. Detalles anatómicos de la cubierta seminal, el embrión y el endospermo de las semillas.

Descripción anatómica de *Eleocharis elegans*: exhibe frutos secos, indehiscentes, uniseminados, en forma de aquenios ampuliformes, de color marrón claro (Figura 6B). Los aquenios presentan un estilopodio obclavado de color marrón oscuro y cuatro cerdas periánticas que emergen de la inserción y la zona dorsal del pedicelo (Figura 6B y C). Las semillas se encuentran protegidas por un pericarpio diferenciado en un exocarpio de células cuboides, lignificadas, con acumulaciones de taninos en las células ubicadas adyacentes al pedicelo y un endocarpio multiplicativo formado por células escleróticas, lignificadas, que exhiben perforaciones en la pared celular (Figura 6C y D). La cubierta seminal es bitegmina, pero se reduce a una membrana de células comprimida y lignificada (Figura 6C). Las semillas de *E. elegans*, presentan embriones capitados, subdesarrollados y endospermos hialinos conformado por células de parénquima con almacenamiento de sustancias ergásticas (Figura 6C).

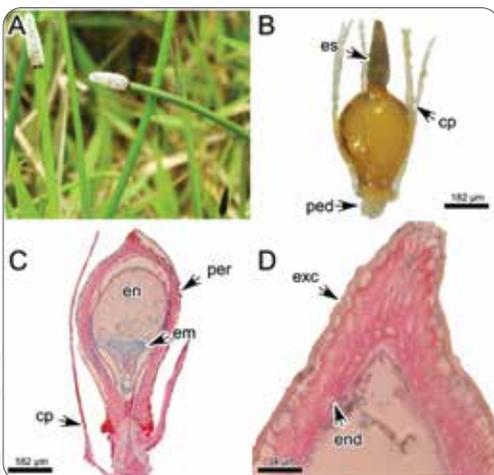


Figura 6. Anatomía de los frutos de *Eleocharis elegans*. A. inflorescencias de *Eleocharis elegans*, B. Morfología de los frutos, C. Detalles anatómicos del pericarpio, la cubierta seminal, el embrión y el endospermo de las semillas, D. Exocarpium y pericarpio de los frutos. cp = cerdas periánticas, en = endospermo, end = endocarpium, em = embrión, es = estilopodio, exc = exocarpium, ped = pedicelo, per = pericarpio.

Descripción anatómica de *Persicaria punctata*: desarrolla aquenios en forma de triángulos de color marrón oscuro (Figura 7B). Son frutos que se componen de un pericarpio diferenciado en un exocarpio, conformando una capa de células escleróticas que exhiben dos formas, en la zona lateral de los frutos, el exocarpio está dotado de células cuboides de pared gruesa y lignificada, mientras que, en los extremos, las células son alargadas, con sinuosidades en la pared celular y abundantes acumulaciones de sustancias que reaccionan químicamente y le confieren tonalidades de color rojizas a levemente naranjas (Figura 7D y E). El endocarpio se compone de una capa de células comprimidas de forma laminar y presenta acumulaciones de taninos, que se extiende hasta la inserción del pedicelo (Figura 7E). La cubierta seminal está compuesta por dos integumentos que forman una capa de células cuboides de pared delgada (Figura 7F). *P. punctata* tiene semillas dotadas de un embrión periférico, desarrollado que presenta abundantes acumulaciones de taninos (Figura 7C).

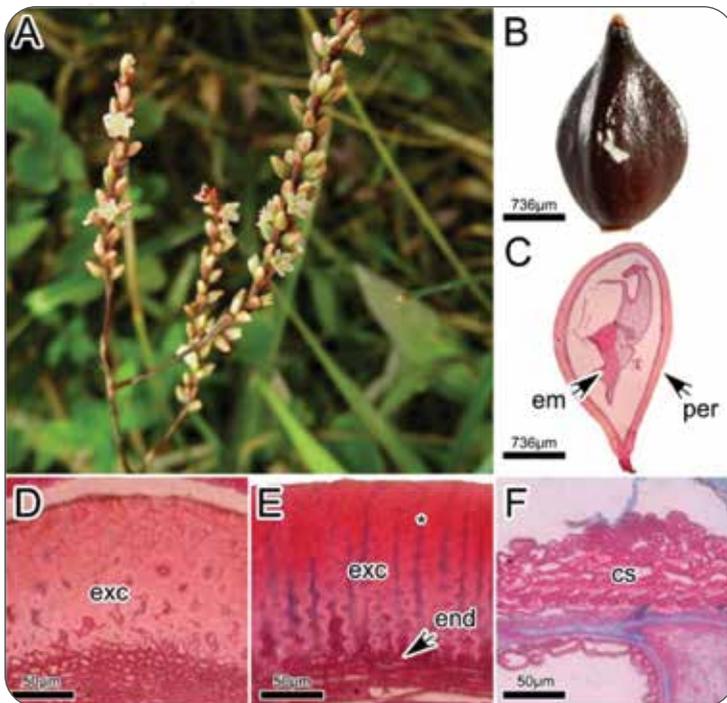


Figura 7. Anatomía de los frutos de *Persicaria punctata*. A. Inflorescencias de *Persicaria punctata*, B. Morfología de los frutos, C. Rasgos anatómicos del embrión, D-E. Detalles anatómicos del pericarpio, F. Cubierta semillas de las semillas de *Persicaria punctata*. cs = cubierta seminal, end = endocarpium, em = embrión, exc = exocarpium, per = pericarpio.

Discusión

Los bancos de semillas asociados a la composición de especies presentes en humedales urbanos han sido poco estudiados dado que la reproducción sexual de las plantas acuáticas no es ampliamente conocida. Asimismo, los humedales evaluados han estado sometidos a diversas presiones, lo que ha generado cambios en su composición, dando como resultado especies oportunistas adaptadas a los fuertes cambios en el régimen hidrológico de estos ambientes. Las principales presiones que han sufrido estos humedales van desde actividades ganaderas y agrícolas, hasta afectaciones por minería aluvial, urbanización y contaminación por depósito de escombros y aguas residuales (García et al., 2018).

Bancos de semillas: relaciones de la diversidad y la ecología con la física de los sedimentos y la composición florística actual de los humedales estudiados

La composición actual de los bancos de semillas de los humedales estudiados es el resultado de las presiones históricas que han tenido estos ecosistemas en el tiempo, donde los procesos de minería aluvial que han enmarcado el territorio dieron lugar a humedales de origen artificial que difieren en la composición de sus bancos de semillas en comparación con los humedales naturales. Lo anterior puede explicarse debido a las diferencias en la pendiente, el sustrato, la luminosidad, la competencia entre especies y la dinámica hídrica de estos humedales.

Las especies predominantes en los bancos de semillas de estos ecosistemas reflejan cualidades adaptativas que les permite establecerse en estas zonas con alta competitividad por medio de la reproducción sexual, es el caso de las especies *Ludwigia palustris*, *Nymphaea elegans*, *Eleocharis elegans*, *Juncus microcephalus* y *Persicaria punctata*. Algunos autores afirman que en las Angiospermas acuáticas la reproducción asexual predominan sobre la reproducción sexual (Hutchinson, 1957), esto puede deberse a que algunos de los métodos de reproducción clonal utilizados por las especies acuáticas (como la fragmentación) son altamente efectivos y, al mismo tiempo, económicos (Grace, 1993). Lo anterior puede explicar la poca representatividad de especies obtenidas en los bancos de semillas de los humedales evaluados, ya que de las 81 especies reportadas por Salazar-Suaza & Quijano-Abril (2020), solo 25 especies presentaron emergencia de plántulas en las muestras de sustrato tomadas de cada ecosistema. Es posible, que sea necesario una investigación a largo plazo donde pueda evaluarse de manera más prolongada y en varias épocas del año la composición de los bancos de semillas para poder determinar si existen variaciones en su composición en épocas de lluvia y épocas de sequía. Esto debido a que el régimen hídrico y los niveles de agua fluctuantes pueden ser determinantes en la riqueza de especies de los bancos de semillas (Crosslé & Brock, 2002).

Existen casos particulares de especies que fueron visibles en los bancos de semillas, pero no en la composición actual de los humedales, es el caso de la especie *Juncus microcephalus*, la cual, ha sido reportada en otros estudios como una especie nativa que es sensible a la extinción local y está condicionada por factores bióticos y abióticos como la competencia, el sustrato, la fisicoquímica del agua y el régimen hidrológico. Por otro lado, existen especies helófitas como *Persicaria punctata* que, a pesar de ser nativas, poseen un potencial invasor. En este caso en particular, esta especie tiene la capacidad de generar bancos de semillas y masivamente utiliza también estrategias de reproducción vegetativa, lo que la convierte en una especie colonizadora importante y con éxito adaptativo en diversos tipos de ambientes (Menges & Waller, 1983; Montenegro-S. et al., 2006).

La diversidad, abundancia y dominancia de especies halladas en los cuatro humedales, estuvo influenciada por la densidad aparente que tuvo el sedimento en diferentes zonas del ecosistema. En los dos humedales de origen natural se observaron rangos de densidad aparente inferiores a los encontrados en los dos humedales artificiales, sin embargo, ambos humedales tienen suelos de origen mineral al tener rangos de densidad aparente superiores a 1 g/cm^3 (Reddy et al., 2013). Lo cual puede estar relacionado con los procesos naturales de sedimentación, pero también con las actividades antrópicas que se desarrollan en torno a estos ecosistemas, donde la textura física del sustrato puede ser muy variable según las limitaciones mecánicas y los procesos biológicos de producción, acumulación y degradación de materia orgánica (Pasternack & Brush, 2001).

En este estudio se encontró una relación lineal entre la disminución de la diversidad y en aumento de dominancia de especies a medida que aumenta la densidad aparente, reflejando que la compactación del sedimento puede limitar el almacenamiento de semillas, favoreciendo la dominancia de algunas especies. Lo cual puede atribuirse a la degradación de los ecosistemas, puesto que la densidad aparente del suelo es un buen indicador de la estructura, el grado de compactación y génesis de los perfiles edafológicos (Batey, 2009). Por ende, es un factor que puede condicionar todos los procesos biológicos que suceden en el suelo.

Anatomía y latencia seminal: dos rasgos asociados a la persistencia de semillas en los sedimentos de humedales urbanos

Las plantas acuáticas se han visto en la necesidad de desarrollar rasgos que contribuyan con su supervivencia en los ecosistemas que habitan (Barrett et al., 1993; Sculthorpe, 1967). Cada planta acuática que habita en ambientes como los humedales, deben tener la capacidad de soportar las diferentes presiones que impone el exterior sobre ellas, deben desarrollar mecanismos eficientes

de propagación, pero también estructuras que permitan la persistencia de los propágulos sumergidos en el agua, flotando o almacenados en los sedimentos (Arber, 1920), de esta forma, se garantiza que muchas de las semillas producidas puedan generar bancos de semillas que perpetúen las especies y contribuyan con la constante regeneración natural de estos ecosistemas.

Las semillas de las especies caracterizadas en este estudio desarrollaron latencias complejas propiciadas por el desarrollo de rasgos y diseños morfológicos que condicionan los procesos de germinación. Semillas de tres especies exhibieron MPD, al tener embriones subdesarrollados, endospermos con abundantes reservas de sustancias, ocupando casi $\frac{3}{4}$ partes de las semillas y que cuentan con abundantes y TMG superiores a 30 días. La germinación en semillas con este tipo de latencia se retrasa durante un periodo de tiempo en el cual el embrión debe desarrollarse, modificar sus estructuras a medida que se dan procesos metabólicos que facilitan la absorción de nutrientes que están almacenados en el endospermo (Baskin & Baskin, 2014). Sin embargo, este proceso puede tardar mucho, facilitando que muchas semillas puedan verse afectadas por la humedad o la depredación. Si bien en plantas terrestres, las semillas que desarrollan MPD, son normalmente permeables al agua (Baskin & Baskin, 2004; Willis et al., 2014), en plantas acuáticas esta condición puede ser diferente, debido que ellas deben persistir almacenadas durante largos periodos de inundación, hasta que las condiciones sean las óptimas para germinar.

Solo las plantas que puedan generar semillas que toleren la inundación o sean impermeables pueden sobrevivir en ecosistemas como los humedales (Arber, 1920). Las semillas descritas en este estudio con MPD, desarrollaron cubiertas seminales con abundantes acumulaciones de taninos o estuvieron protegidas por el pericarpio como es el caso de *E. elegans*. El diseño que exhibe *E. elegans* es muy característico en diferentes linajes de plantas acuáticas, por lo cual se sugiere que el desarrollo de aquenios con pericarpios rígidos que protegen el embrión, es un rasgo que evita el deterioro del embrión y permite que las semillas toleren estos ambientes (Marloth, 1883).

El desarrollo de endospermo y perisperma es común en plantas de clados basales de Angiospermas (Corner, 1976; Dalziel et al., 2019; Johri et al., 1992), además, estos linajes exhiben embriones subdesarrollados como es el caso de *N. elegans* garantizando el desarrollo de latencias prolongadas como MPD. La presencia de dos estructuras de almacenamiento al interior de la semilla garantiza que el embrión tenga a su disposición dos tejidos que pueden servir de protección, pero también todo el recurso necesario para poder desarrollarse lentamente (Marloth, 1883). Es posible que la presencia de sustancias ergásticas hidrófobas en el endospermo puedan contribuir en gran parte con la impermeabilidad

de las semillas y propiciar el desarrollo de latencias prolongadas como MPD (Baskin & Baskin, 2014). En el género *Nymphaea* se ha identificado previamente el desarrollo de MPD y un limitado desarrollo del embrión, además, se sugiere que este linaje puede presentar una gran variedad de clases de latencia pasando por PD, MD, MPD hasta incluso desarrollar semillas sin latencia (Dalziell et al., 2019). Sin embargo, la anatomía de las semillas de especies como *N. elegans* es característica de semillas que pueden exhibir latencias complejas y prolongadas como MPD, por lo cual, se sugiere esta clase de latencia como la predominante en las semillas de esta especie.

Las semillas de *J. microcephalus* desarrollan cubiertas seminales con abundantes acumulaciones de taninos que posiblemente evitan el deterioro de los integumentos y protegen el embrión. La presencia de un endospermo con almacenamientos de almidón (Johri et al., 1992), sugiere que es un tejido rígido que puede persistir mucho tiempo sin degradarse dado que la hidrólisis de los polisacáridos tiende a ser lenta (Buckeridge et al., 2000), y más si hay una regulación del ingreso del agua a la semilla impuesto por una cubierta seminal saturada de taninos, lo que propicia que el desarrollo del embrión sea lento y con ello se produzca MPD en las semillas. De otro lado, solo las semillas de *P. punctata* exhibieron PY + PD. Las semillas de esta especie se encuentran protegidas por el pericarpio de los frutos, el cual presenta una amplia variación morfológica al estar compuesto por células que exhiben formas muy variadas, pero que además presentan paredes celulares lignificadas con almacenamiento de sustancias que generan impermeabilidad a la semilla. Se ha sugerido que algunas especies del género *Persicaria* desarrollan semillas con PD (Assini, 2001; Baskin & Baskin, 2014; Courtney, 2015), lo cual corrobora lo descrito en este estudio sobre la presencia de embriones desarrollados latentes en las semillas de *P. punctata*. Sin embargo, la complejidad estructural que exhibe el pericarpio de estas especies sugiere que las semillas pueden ser impermeables al agua, lo que promueve el retraso de la germinación hasta más de 30 días y con ello el desarrollo de PY + PD.

La formación de bancos de semillas por *N. elegans*, *E. elegans*, *J. microcephalus* y *P. punctata* en los cuatro ecosistemas estudiados, puede estar mediada por la complejidad anatómica de las semillas y el desarrollo de latencias prolongadas como MPD y PY + PD. Las semillas que desarrollan latencia pueden almacenarse en el suelo y persistir por largos periodos de tiempo hasta que las condiciones sean óptimas para la germinación y el establecimiento de las plántulas en ecosistemas terrestres (Baskin & Baskin, 1989; Rubio de Casas et al., 2017; Saatkamp et al., 2019). Este aspecto también es clave en especies de ecosistemas acuáticos, sin embargo, los rasgos anatómicos de las semillas también juegan un rol importante por la protección que se debe generar al embrión durante el tiempo que las semillas permanecen sumergidas sin germinar.

Conclusiones

Los bancos de semillas encontrados en los humedales estudiados arrojaron una diversidad importante, pero que es poco representativa en comparación con las especies presentes en los ecosistemas, asimismo, fue evidente que existe una dominancia de especies importante, entre ellas algunas que podrían ser consideradas pioneras en ecosistemas acuáticos, como es el caso de *J. microcephalus*, *P. punctata* y el género *Eleocharis*, debido a que presentaron el mayor éxito de germinación en los ensayos realizados en laboratorio, y sus semillas tienen la capacidad de persistir en el suelo durante largos periodos de tiempo gracias al desarrollo de rasgos anatómicos como embriones subdesarrollados, endospermos rígidos y cubiertas seminales con acumulación de sustancias ergásticas que promueven el desarrollo de latencias complejas como MPD y PY + PD. Lo anterior, asociado a las características físicas de los sedimentos de los humedales estudiados, los cuales han presentado una gran cantidad de disturbios y presiones antrópicas, donde se hace visible entonces la relevancia de conocer no solamente el banco de semillas de estos ecosistemas, sino también la anatomía y morfología de las semillas allí presentes, con el fin de generar estrategias exitosas de restauración y manejo para estas especies de vegetación acuática en los humedales urbanos del Oriente antioqueño.

Referencias

- Arber, A. (1920). *Water plants*. Cambridge University Press.
- Assini, S. (2001). Seed-bank and dynamics of a *Polygonum hydropiper* L. Community along the Po river (Central-west Italy). *Plant Biosystems*, 135(2), 223-232.
- Barrett, S. C. H., Eckert, C. G. & Husband, B. C. (1993). Evolutionary processes in aquatic plant populations. En *Aquatic Botany*, 44(44 2-3) 105-145.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (2014). *Seeds. ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2 ed.). Academic Press.
- Baskin, J. M. & Baskin, C. C. (1989). Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En M. A. Leck, V. T. Parker & R. L. Simpson (Eds.). *Ecology of soil seed banks* (pp. 53-66). Academic Press, INC.
- Baskin, J. M. & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1-16.
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management - A review. *Soil Use and Management*, 25(4), 335-345.

- Bigwood, D. W. & Inouye, D. W. (1988). Spatial pattern analysis of seed banks: An improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69(2), 497-507. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1940448>
- Bornette, G. & Puijalon, S. (2011). Response of aquatic plants to abiotic factors: A review. *Aquatic Sciences*, 73(1), 1-14.
- Buckeridge, M. S., Pessoa dos Santos, H. & Tiné, M. A. S. (2000). Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(1-2), 141-156.
- Chao, A., Chiu, C. H., Hsieh, T. C. & Inouye, B. D. (2012). Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*, 93(9), 2037-2051.
- Cook, C. D. (1996). *Aquatic plant book*. SPB Academic Publishing.
- Corner, E. J. H. (1976). *The seeds of dicotyledons*. Cambridge University Press.
- Courtney, B. Y. A. D. (2015). Seed dormancy and field emergence *Polygonum aviculare*. *Journal of Applied Ecology*, 5(3), 675-684.
- Cronk, J. M. & Fennessy, M. S. (2001). Wetland plants biology and ecology. En *Delta*. Lewis Publishers.
- Crosslé, K. & Brock, M. A. (2002). How do water regime and clipping influence wetland plant establishment from seed banks and subsequent reproduction? *Aquatic Botany*, 74(1), 43-56.
- Dalziell, E. L., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Young, R. E., Dixon, K. W. & Merritt, D. J. (2019). Morphophysiological dormancy in the basal angiosperm order nymphaeales. *Annals of Botany*, 123(1), 95-106.
- Dgebuadze, Y. Y. & Gladyshev, M. I. (2016). Biotic fluxes of matter and energy between aquatic and terrestrial ecosystems. *Contemporary Problems of Ecology*, 9(4), 391-395.
- Eckert, C. G., Dorken, M. E. & Barrett, S. C. H. (2016). Ecological and evolutionary consequences of sexual and clonal reproduction in aquatic plants. *Aquatic Botany*, 135, 46-61.
- García, J. J., Gómez, A. C. & Quijano, M. A. (2018). Áreas de estudio y selección de los humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño. En M. A. Quijano (Ed.). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (pp. 73-94). Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.

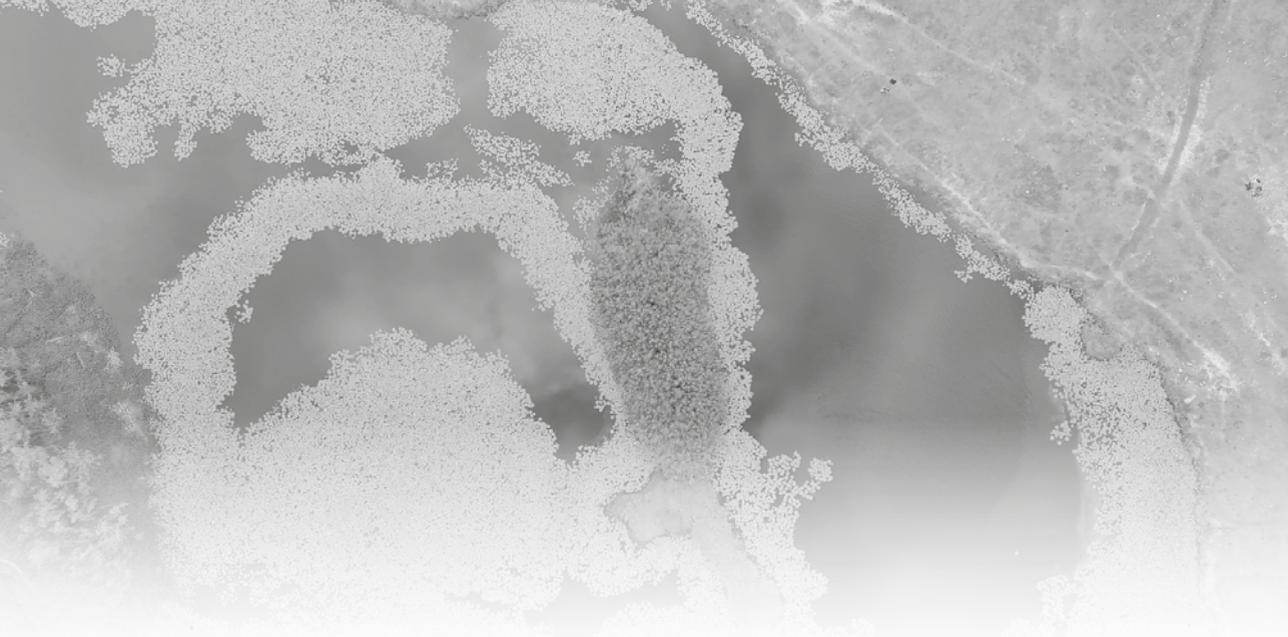
- Grace, J. B. (1993). The adaptive significance of clonal reproduction in angiosperms: an aquatic perspective. *Aquatic Botany*, 44(2-3), 159-180.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9 pp.
- He, M., Lv, L., Li, H., Meng, W. & Zhao, N. (2016). Analysis on soil seed bank diversity characteristics and its relation with soil physical and chemical properties after substrate addition. *PLoS ONE*, 11(1), 1-16.
- Hong, J., Liu, S., Shi, G. & Zhang, Y. (2012). Soil seed bank techniques for restoring wetland vegetation diversity in Yeyahu Wetland, Beijing. *Ecological Engineering*, 42, 192-202.
- Hutchinson, E. (1957). *Treatise on Limnology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company.
- Johri, B, Ambegaokar, K. & Srivastava, P. (1992). *Comparative embryology of angiosperms* (K. Schnarf & P. Maheshwari (Eds.)). Springer: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Junk, W. J., Piedade, M. T., Wittmann, F., Schöngart, J. & Parolin, P. (2011). *Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. (Vol. 210). Springer Netherlands.
- Marloth, R. (1883). Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von außen. *Botanische Jahrbücher Für Systematik, Pflanzengeschichte Und Pflanzengeographie*, 4, 225-265.
- Martin, A. (1946). The comparative internal morphology of seeds. *The American Midland Naturalist*, 36(3), 513-660.
- Menges, E. & Waller, D. (1983). Plant strategies in relation to elevation and light in floodplain herbs. *The American Midland Naturalist*, 122(4), 454-473.
- Mitsch, W. J. & Gossilink, J. G. (2000). The value of wetlands: Importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35(1), 25-33.
- Montenegro-S, A. L., Ávila-Parra, Y. A., Mendivelso-Ch, H. A. & Vargas, O. (2006). Potencial del banco de semillas en la regeneración de la vegetación del humedal Jaboque. *Caldasia*, 28(2), 285-306.
- Pasternack, G. B. & Brush, G. S. (2001). Seasonal variations in sedimentation and organic content in five plant associations on a Chesapeake Bay Tidal freshwater delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53(1), 93-106.

- Posada, J. A. & López, M. T. (2011). Plantas acuáticas del altiplano del oriente antioqueño. Rionegro: Universidad Católica de Oriente.
- Reddy, K., Clark, M., DeLaune, R. & Kongchum, M. (2013). Physicochemical characterization of wetland soils. En R. DeLaune, K. Reddy, C. Richardson, & J. Megonigal (Eds.). *Methods in biogeochemistry of wetlands* (pp. 41–54). Soil Science Society of America.
- Rubio de Casas, R., Willis, C. G., Pearse, W. D., Baskin, C. C., Baskin, J. M. & Cavender-Bares, J. (2017). Global biogeography of seed dormancy is determined by seasonality and seed size: a case study in the legumes. *New Phytologist*, 214(4), 1527-1536.
- Saatkamp, A., Cochrane, A., Commander, L., Guja, L. K., Jimenez-Alfaro, B., Larson, J., Nicotra, A., Poschlod, P., Silveira, F. A. O., Cross, A. T., Dalziell, E. L., Dickie, J., Erickson, T. E., Fidelis, A., Fuchs, A., Golos, P. J., Hope, M., Lewandrowski, W., Merritt, D. J., ... Walck, J. L. (2019). A research agenda for seed-trait functional ecology. *New Phytologist*, 221(4), 1764-1775.
- Salazar-Suaza, D. & Quijano-Abril, M. A. (2020). Análisis multitemporal y caracterización de la vegetación hidrófita y helófita 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.
- Sculthorpe, C. D. (1967). *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold Ltd.
- Smith, S. M., McCormick, P. V., Leeds, J. A. & Garrett, P. B. (2002). Constraints of seed bank species composition and water depth for restoring vegetation in the Florida everglades, U.S.A. *Restoration Ecology*, 10(1), 138-145.
- Stearn, W. T. (1983). *Botanical latin: history, grammar, syntax, terminology and vocabulary* (3rd ed.). David and Charles Inc.
- Tolivia, D. & Tolivia, J. (1987). Fasga: A new polychromatic method for simultaneous and differential staining of plant tissues. *Journal of Microscopy*, 148(1), 113-117.
- Willis, C. G., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Auld, J. R., Venable, D. L., Cavender-Bares, J., Donohue, K., de Casas, R. R., Bradford, K., Burghardt, L., Kalisz, S., Meyer, S., Schmitt, J., Strauss, S. & Wilczek, A. (2014). The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*, 203(1), 300-309.
- Yu, H., Qi, W., Liu, C., Yang, L., Wang, L., Lv, T. & Peng, J. (2019). Different stages of aquatic vegetation succession driven by environmental disturbance in the last 38 years. *Water*, 11(7), 1412.

Capítulo 3

Pulsos del agua de un humedal urbano
en el altiplano del Oriente antioqueño





Pulsos del agua de un humedal urbano en el altiplano del Oriente antioqueño

Manuel Alejandro Guerra-Quintero¹, Arlex Marín-Ramírez²

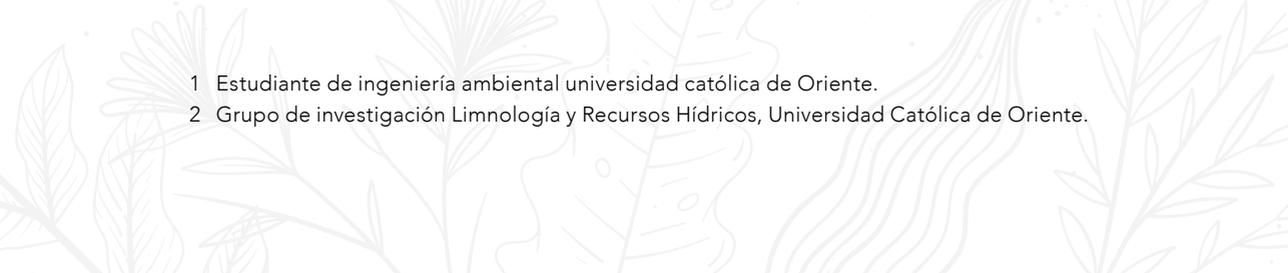
Introducción

El régimen hidrológico de los humedales se reconoce como un aspecto determinante de las dinámicas ecológicas que estos soportan. Esto no debería ser sorprendente dado que la presencia permanente o temporal de agua es la base misma de la existencia de estos sistemas y por lo tanto la variación en la cantidad de agua almacenada condiciona todos los procesos biogeoquímicos que se dan en ellos (Batzer & Sharitz, 2014). Se ha encontrado por ejemplo que los pulsos de inundación y en general las variaciones del nivel del humedal controlan los cambios en las comunidades de macroinvertebrados, anfibios, plantas, peces, etc. (Tarr et al., 2005; Pechmann et al., 1989; Foti et al., 2012; Ruetz et al., 2005; Murray-Hudson et al., 2014).

Conocer el régimen hidrológico es clave para entender las funciones y servicios ecosistémicos que estos cuerpos de agua proveen y para la formulación de planes de manejo, conservación o restauración de los mismos. Más aún, dado el rol que juegan los humedales dentro del ciclo hidrológico por su capacidad de regular los flujos de materia, así como de energía, hacia y desde, otros elementos del sistema hídrico como los ríos y los acuíferos. Este conocimiento es un requisito para una gestión adecuada del agua en cualquier contexto donde estos tengan lugar (Bullock & Acreman 2003, Hughes et al., 2014; Makungu & Hughes 2021).

¹ Estudiante de ingeniería ambiental universidad católica de Oriente.

² Grupo de investigación Limnología y Recursos Hídricos, Universidad Católica de Oriente.



En el Oriente antioqueño, Quijano et al. (2018) identificaron un gran número de humedales urbanos y rurales pertenecientes a la cuenca del río Negro y caracterizaron la biodiversidad y la calidad del agua de algunos de estos, dentro de los que se incluye el humedal El Llanito. En este trabajo se realizó un balance hidrológico del humedal con el fin de cuantificar los flujos de agua hacia y desde este y así, complementar el conocimiento frente a la dinámica, funciones y vulnerabilidad de estos importantes ecosistemas.

Metodología

Área de estudio

El humedal El Llanito se encuentra sobre la planicie aluvial del río Negro, que discurre a través del altiplano valle de San Nicolás sobre la Cordillera Central de Colombia. Se ubica a una latitud de $6^{\circ} 8'47.16''N$ y longitud $75^{\circ}23'47.83''O$ y sobre los 2.000 msnm. Pertenecce, según la clasificación de Holdridge (1966), a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo. Debido a su elevación, la región presenta temperaturas relativamente bajas, con un promedio de $17^{\circ}C$. El régimen hidrológico de la zona es ampliamente influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), que produce un régimen anual bimodal (Poveda, 2004). En promedio, la precipitación anual es cercana a los 2.100 mm (Cornare, 2012).

El Llanito es un humedal con un área superficial cercana a los 4.000 m², formado tras el abandono de una zona de explotación de material aluvial (Figura 1). Se encuentra a unos 45 m de distancia del río Negro, en un tramo donde el río discurre a través de una amplia planicie aluvial en la que se observan multitud de humedales naturales y artificiales que compiten con la expansión urbana y comercial creciente en la región. Como se observa en la Figura 1, la superficie del humedal se encuentra colonizada en un gran porcentaje por macrófitas, específicamente por la especie *Nymphaea elegans*.



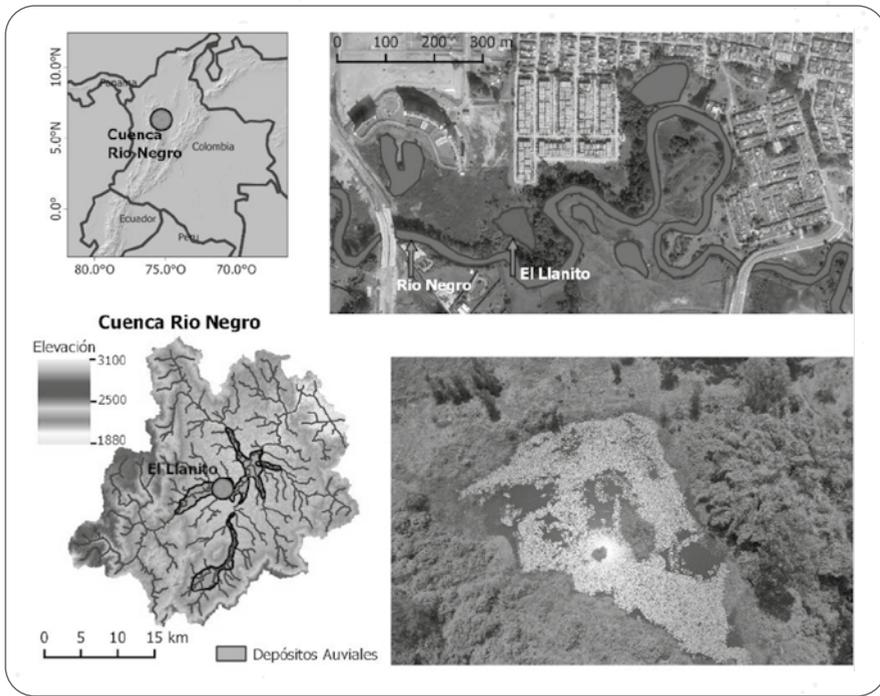


Figura 1. Ubicación del humedal El Llanito

Información meteorológica

Para estimar el balance hidrológico se usó información meteorológica de la estación José María Córdova [23085270], operada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). De esta se obtuvieron valores diarios de la temperatura del aire, humedad relativa y precipitación. También se usaron las estaciones I.E. Joaquín Vallejo (35) y Rionegro – Thies (199) operadas por el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA). De la primera se obtuvieron datos de radiación solar y de la segunda precipitación diaria. Adicionalmente, se instalaron en el cuerpo de agua dos sensores de temperatura HOBO Pro V2 a 20 y 85 cm de profundidad. Estos registraron la temperatura ($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$) con una frecuencia de 30 minutos entre el 19 de noviembre y el 31 de mayo.

El cambio en el almacenamiento se estimó a partir de una batimetría realizada usando nivel y mira topográfica, que permitió determinar la relación entre el nivel del agua y el volumen almacenado. Posteriormente se instaló una mira en el humedal para monitorear los cambios de nivel, los cuales se registraron dos veces por semana durante los seis meses de muestreo (diciembre 2020 a mayo 2021). Simultáneamente se registró el nivel del río. Ambos niveles fueron medidos usando el mismo *datum* con el fin de hacer comparaciones entre ellos.

Balance hidrológico

La ecuación de balance hidrológico se fundamenta en el principio de conservación de masa, en este caso, aplicado al volumen de agua en el humedal. Teniendo en cuenta que el humedal no tiene conexión superficial con el río, ni presenta corrientes superficiales que lo abastezcan, esta se puede expresar como:

$$P + Q_s - E = \Delta S \quad (1)$$

donde P es la precipitación, E es la evaporación, ΔS es el cambio en el almacenamiento de agua y Q_s es el flujo subterráneo neto (i.e.: la diferencia entrada-salida). La precipitación se estimó como el promedio de los registros medidos en las estaciones del IDEAM y SIATA. La evaporación se estimó usando los métodos que se presentan a continuación, el cambio en el almacenamiento se obtuvo de los registros de nivel y dado que no se cuenta con mediciones directas de Q_s , su valor se estimó de modo que se satisfaga la ecuación (1).

Evaporación

La evaporación se estimó usando dos aproximaciones diferentes: a) Métodos aerodinámicos y b) Método de balance de energía.

Los métodos aerodinámicos, también llamados métodos de transferencia de masa, se basan en la conocida ley de Dalton, la cual establece que la evaporación es proporcional al déficit higrométrico sobre la superficie del agua. Este déficit se estima como la diferencia entre la presión de vapor de saturación a la temperatura del agua (e_w) y la presión real del aire sobre superficie (e_a). Es decir, la ley de Dalton plantea que: $E \propto (e_w - e_a)$. Una estructura común de este tipo de métodos es la dada por la ecuación (2).

$$E = f(u, \dots) \cdot (e_w - e_a) \quad (2)$$

Donde $f(u, \dots)$ es una función que generalmente depende de la velocidad del viento u y en ocasiones de otras variables como la presión atmosférica, el tamaño del cuerpo de agua, la temperatura del agua y del aire, entre otras. En esta función, la velocidad del viento toma un papel preponderante ya que el efecto de convección forzada producida por este incrementa considerablemente la evaporación. Otras variables tienen un efecto complementario. Por ejemplo, la aproximación de Rasmussen et al. (1995), incluye la diferencia entre la temperatura del agua superficial y del aire para dar cuenta de la convección libre asociada a la inestabilidad térmica atmosférica (Dingman, 2015).

La confiabilidad de las aproximaciones aerodinámicas depende de una adecuada calibración de sus parámetros para el sitio de estudio concreto (McJannet et al., 2012). Dado que no se cuenta con calibraciones específicas para la zona, se optó por utilizar tres aproximaciones de uso generalizado, las cuales se muestran en la tabla 1 (Subramanya, 2013; Dingman, 2015).

Como se mencionó anteriormente, la velocidad del viento es una variable clave en las aproximaciones aerodinámicas. Sin embargo, dentro de la información meteorológica disponible, esta es la variable que presenta mayor incertidumbre. Primero, porque es un parámetro que depende mucho de las condiciones locales. En este caso concreto, las visitas al humedal mostraron que la acción del viento sobre su superficie es prácticamente nula, posiblemente debido a barreras que lo rodean, sumado a que la extensión superficial del humedal es pequeña y por lo tanto no facilita el desarrollo de corrientes de aire considerables. Así, los registros de velocidad del viento que se miden en la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto no serían representativos del viento sobre el humedal. Adicionalmente, el registro disponible tiene cerca de un 40% de datos faltantes.

Debido a la incertidumbre con la velocidad del viento, se optó por realizar un análisis de sensibilidad a este parámetro, tomando dos condiciones extremas: La primera, un valor constante correspondiente al percentil 90% de todo el registro disponible (cerca de 8 m/s) y segundo, el caso más probable, por lo expuesto antes, de una velocidad nula.

Por otro lado, el método de balance de energía se basa en el principio de conservación de energía y en la relación directa entre el flujo de calor latente y el volumen evaporado. Este método requiere menor parametrización, pero es más exigente en cuanto a la información requerida para su uso. La precisión del método depende de estimar adecuadamente los diferentes flujos de energía que intercambia el cuerpo de agua con su entorno, así como las variaciones en la energía almacenada.

En este caso se asumirá que la temperatura de los flujos subterráneos de entrada y salida son iguales por lo que se puede desprejar el flujo de energía advectivo y la evaporación quedaría dada por (Dingman, 2015):

$$E = \frac{R_n - \Delta Q_T}{\rho * \lambda * (B + 1)} \quad (3)$$

Donde R_n es la radiación neta, ρ es la densidad del agua, λ es el calor latente de vaporización, B es la relación de Bowen y ΔQ_T es el almacenamiento de energía térmica. En la tabla 1 se muestran las expresiones usadas para el cálculo de cada término.

Se estimó la evaporación diaria usando los flujos de energía calculados con la información meteorológica de la estación Aeropuerto José María Córdova y el almacenamiento de energía (ΔQ_T), basado en el cambio de temperatura del humedal entre las 00:00 horas de cada par de días consecutivos. Se consideró la temperatura superficial como un valor representativo de todo el humedal, ya que en este horario existe mezcla completa.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de la evaporación.

Método		Expresión
Aerodinámico	Evaporación Meyer (1915):	$E = K_m \left(1 + \frac{u_0}{16}\right) (e_w - e_a)$
	Evaporación Rowher (1931):	$E = 0,771(1,465 - 7,32 \cdot 10^{-4} P_a (0,44 + 7,33 \cdot 10^{-2} u_0)) (e_w - e_a)$
	Evaporación Rasmussen (1995):	$E = \frac{0,133 \left(2330 (T_w - T_a)^{\frac{1}{3}} + \frac{2680u}{3,6}\right)}{\rho_w - \lambda} (e_w - e_a)$
Balance de Energía	Contenido y almacenamiento de energía térmica	$Q_T = \frac{c\rho_wTV}{A}, Q_T = \frac{Q_T(t_2) - Q_T(t_1)}{t_2 - t_1}$
	Radiación neta	$R_n = ROC_{in} + ROL_{in} - ROL_{out}$
	Rad. de onda corta incidente	$ROC_{in} = ROC (1 - \alpha)$
	Rad. de onda larga incidente (Abramowitz et al., 2012)	$ROL_{in} = 0,031e_a + 2,84T_a - 522,5$
	Rad. de onda larga emitida	$ROL_{out} = \varepsilon_w \sigma T_w^4 + (1 - \varepsilon_w) ROL_{in}$
	Calor latente de vaporización (MJ/kg)	$\lambda = 2.50 - (2,36 \cdot 10^{-3}) T_w$
	Relación de Bowen	$B = \gamma_s \left(\frac{T_w - T_a}{e_w - e_a}\right)$
Ambos	Presión de vapor de saturación	$e^* = 4.58 e^{\frac{17,27-T}{T+237,3}}$

Método	Expresión
E : Evaporación (mm/día).	
$\alpha = 0,02$: albedo del agua, $\epsilon_w = 0,95$: Emisividad del agua.	
ROC : Radiación de onda corta medida.	
$K_m = 0,5$ para lagos pequeños y someros (Subramanya, 2013).	
T : Temperatura del humedal, del aire (T_a) o del agua superficial (T_w) en °C.	
A : área superficial del humedal (m^2).	
T : instante de tiempo. t_1 y t_2 representan las 0:00 horas de dos días consecutivos.	
e^* : presión de vapor de saturación en mmHg, $e_w = e^*(T_w)$: de saturación a la temperatura del agua, $ea = HR \cdot e^*(T_a)$ real del aire sobre la superficie. HR : Humedad relativa (fracción).	
P_a : Presión barométrica en mmHg.	
u : Velocidad media del viento en km/h sobre la superficie (u_0) o a 9 metros de altura (u_9).	
γ_s : 66 Pa/K: Constante psicrométrica.	
$C = 4,2 \cdot 10^6 + \frac{J}{kg \text{ } ^\circ C}$: Calor específico.	
$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$: Densidad del agua.	
$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} + \frac{W}{m^2 \text{ K}^4}$: Constante de Stefan-Boltzmann.	

Resultados

Morfometría

Usando como referencia el nivel medio del humedal durante el periodo estudiado, este presenta una profundidad máxima de 2,36 m, una profundidad media de 1,30 m, un área superficial de 5894 m² y un volumen de 4597 m³. La batimetría del humedal es bastante irregular (Figura 2), con mayores profundidades en la zona norte y a lo largo del borde sur occidental, mientras que las zonas restantes presentan profundidades no mayores a 1,5 m. Esta morfología muestra que la mayor parte del volumen almacenado se da en las capas superficiales, debido a la mayor extensión superficial que alcanza el cuerpo de agua. Esto se observa claramente en la curva cota volumen (Figura 3).

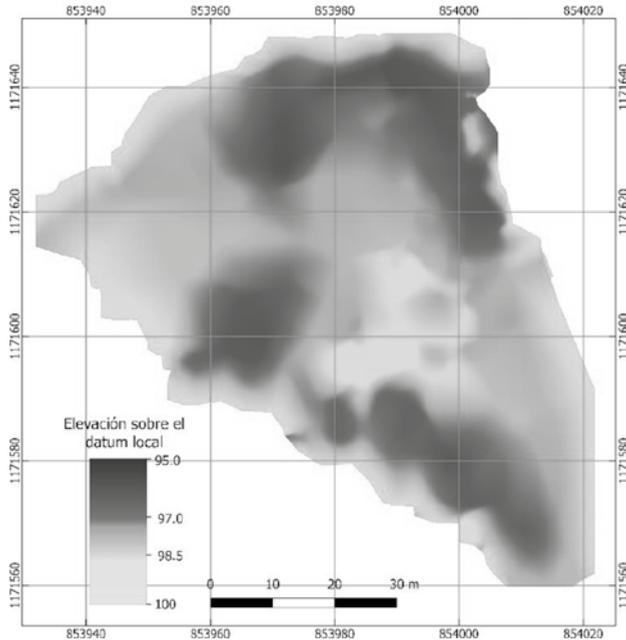


Figura 2. Batimetría del Humedal El Llanito.

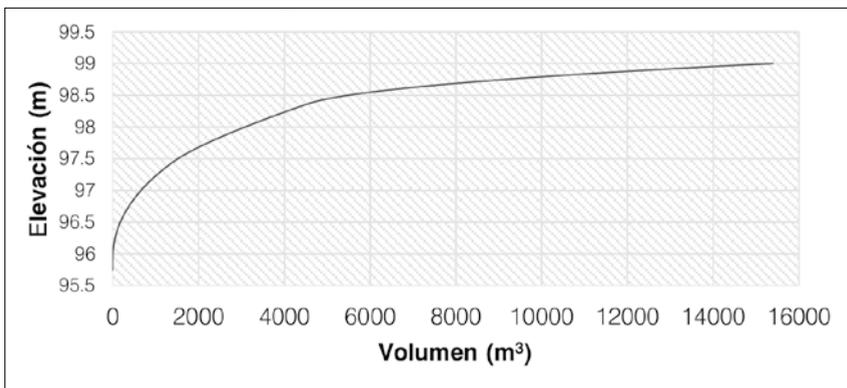


Figura 3. Curva Cota-volumen. Elevación medida respecto al datum local usado.

Meteorología

El ciclo medio anual de precipitación en la región es bimodal, asociado a la migración de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (Poveda, 2004), con un pico de precipitación entre septiembre y noviembre y otro entre abril y junio. El período de menores precipitaciones es entre diciembre a febrero (Figura 4). El año hidrológico 2020-2021, en el cual se enmarca el muestreo, estuvo caracterizado

por el desarrollo de una fase fría del enso, es decir (condiciones La Niña), lo cual se evidencia en las anomalías negativas de temperatura registradas en el índice oni entre agosto de 2020 y mayo de 2021 (C.P.C.I.T., s. f.). Estas condiciones generalmente traen consigo un aumento de las precipitaciones en la región (IDEAM & Serna, 2021; Poveda, 2004). Sin embargo, los datos solo muestran valores mayores al promedio en el mes de marzo de 2021.

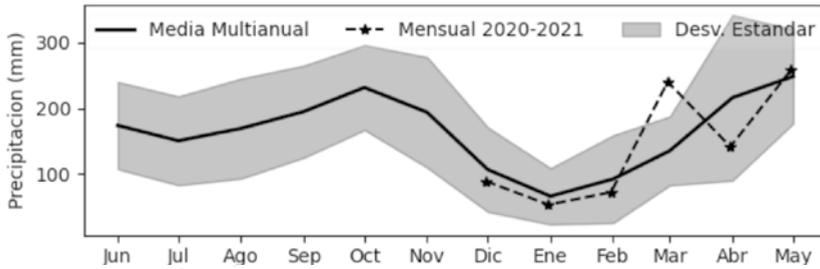


Figura 4. Ciclo anual de precipitación.

La temperatura del aire, radiación solar y humedad relativa promedio diaria tiene poca variabilidad estacional (Figura 5), sin embargo, muestran variaciones importantes de alta frecuencia, especialmente la radiación solar que osciló entre 80 W/m² y 291 W/m². La temperatura osciló entre 14°C y 21°C y la humedad relativa entre 74% y 96%.

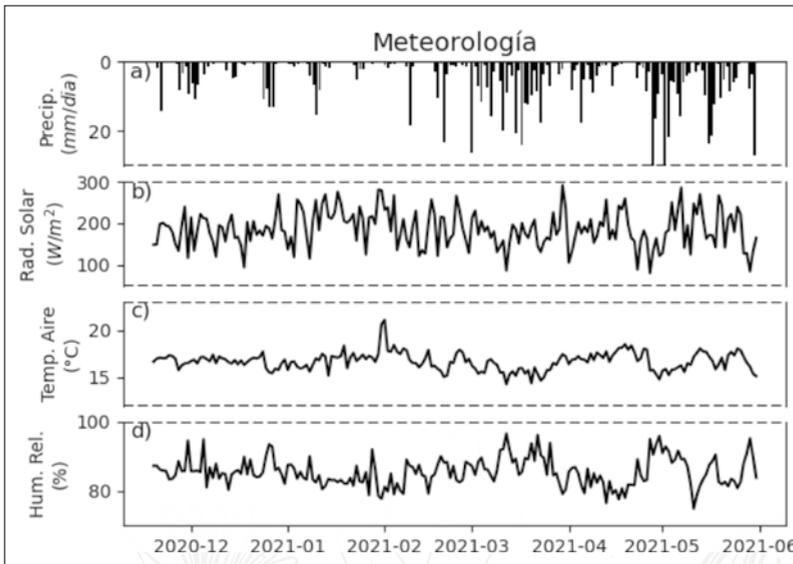


Figura 5. Información meteorológica diaria. A) Precipitación diaria, B) Radiación Solar, C) Temperatura del aire y D) Humedad Relativa

Régimen térmico

El humedal muestra un régimen polimíctico con estratificación en el día y mezcla en las noches (Figura 6). Es de resaltar que la diferencia de temperaturas entre la superficie y el fondo con frecuencia se acercan a los 10°C, mostrando que el humedal presenta una estratificación térmica diurna muy pronunciada. La temperatura superficial máxima se da alrededor de las 2 pm con valores de hasta 33°C. La temperatura cerca al fondo muestra menor variabilidad con valores cercanos a los 22°C.

En la figura 6A se puede observar que la temperatura del fondo muestra un cambio en el comportamiento a mediados de marzo. En la primera mitad del registro, la temperatura no muestra variabilidad en el ciclo día-noche. En cambio, muestra aumentos progresivos a lo largo de varios días y disminuciones abruptas que se dan en pocas horas (Figura 6B). En cambio, la segunda mitad del registro muestra un patrón intra-diario oscilatorio, aunque con una amplitud reducida cercana a 1°C (Figura 6C). Este segundo patrón se puede asociar al transporte vertical de energía térmica desde la superficie (un proceso principalmente difusivo), ya que el aumento de temperatura en el fondo se observa siempre que la temperatura superficial es superior. En contraste, el patrón observado en la primera mitad puede estar más asociado a procesos advectivos, ya que las disminuciones abruptas de temperatura en su mayoría coinciden con eventos de precipitación y, dada la ubicación del sensor cerca del fondo, este puede estar registrando pulsos de flujo subterráneo generados por estas lluvias.

Esto, sin embargo, no explica la razón del cambio en el comportamiento, ya que ambos fenómenos deben estar presentes durante todo el registro. Nuestra hipótesis es que el sensor quedó ubicado en una posición diferente tras la extracción de este para la descarga de datos. Posiblemente, en un primer momento estaba más cerca del fondo y por lo tanto más influenciado por el flujo subterráneo y posteriormente quedó suspendido en una posición más influenciada por los flujos de energía superficiales. Esto es factible ya que la abundante presencia de macrófitas, arraigadas al sustrato crean una densa red de tallos sumergidos en la que este sensor puede quedar enredado.

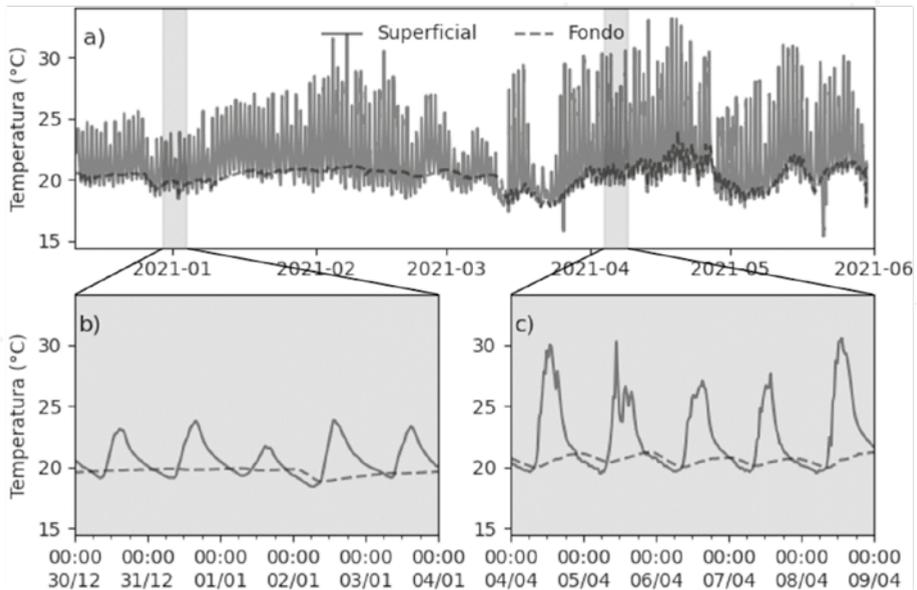


Figura 6. Temperatura del Humedal El Llanito.

Balance hídrico

Niveles

Los niveles del río y del humedal se muestran en la figura 7A. Se observa una disminución continua del nivel del humedal entre diciembre y mediados de febrero, donde la precipitación presenta los menores valores. En el periodo de febrero a marzo y en el mes de junio el humedal alcanza sus máximos niveles, correspondientes a un volumen almacenado cercano a 6481 m³. En el periodo estudiado, el nivel del humedal tuvo una variación máxima de unos 30 cm, equivalentes a un cambio de volumen del orden de 3000 m³, lo cual representa un 65 % del volumen medio.

Dado que el nivel del humedal es superior al nivel del río durante la mayor parte del tiempo (Figura 7A), el flujo de agua tiene una dirección preferente desde el humedal hacia el río. Considerando además que no se encontró evidencia de que existiera conexión superficial entre ambos cuerpos de agua en ningún momento, y dado que los flujos subterráneos son relativamente lentos, esto indica que el aporte de agua desde el río hacia el humedal sería despreciable. En cambio, el flujo humedal-río, al estar activo casi todo el tiempo por la diferencia de niveles, sería más significativo. Esto será analizado adelante con mayor detalle.

Evaporación

En la figura 7, se presenta la evaporación estimada por los diferentes métodos usados. Los métodos aerodinámicos estiman valores de evaporación mínimos de 2 mm/día (usando una velocidad del viento nula) y máximos cercanos a 9 mm/día, usando una velocidad del viento de 8 m/s. Por su parte, el método de balance de energía estima tasas de evaporación de entre 3 y 15 mm/día. Dentro de los métodos aerodinámicos, el método de Rasmussen et al. (1995), arroja los valores más bajos, mientras que el método de balance de energía estima valores considerablemente superiores a todos los aerodinámicos. Estos resultados sugieren una alta incertidumbre en los valores de evaporación estimados, dada la diferencia de resultados entre los diferentes métodos. Sin embargo, se asumirá que el mejor estimado de la evaporación es el dado por el método de balance de energía, esto debido a que:

Este método se fundamenta en un principio físico muy bien establecido (la conservación de la energía) y su aplicación depende de menos parámetros empíricos que los métodos aerodinámicos. Por lo tanto, se espera mayor confiabilidad en sus resultados.

Dado que los métodos aerodinámicos se fundamentan en la difusión vertical del vapor de agua sobre la superficie del lago, estos métodos requieren datos confiables de las condiciones atmosféricas sobre la superficie del agua (temperatura del aire, presión de vapor y velocidad del viento). Dado que la presencia del humedal puede generar un microclima sobre este, el uso de información meteorológica medida a 3,5 km del humedal aumenta la incertidumbre de esta aproximación (Dingman, 2015). Por el contrario, variables como la radiación solar o la radiación de onda larga usadas por el método del balance de energía no serían tan susceptibles a fenómenos locales, por lo que pueden tener mayor confiabilidad en su estimación.

En cualquier caso, se tuvo en cuenta el rango de incertidumbre en la estimación de la evaporación sobre el balance hidrológico y en particular sobre las estimaciones que se realizaron del flujo subterráneo.



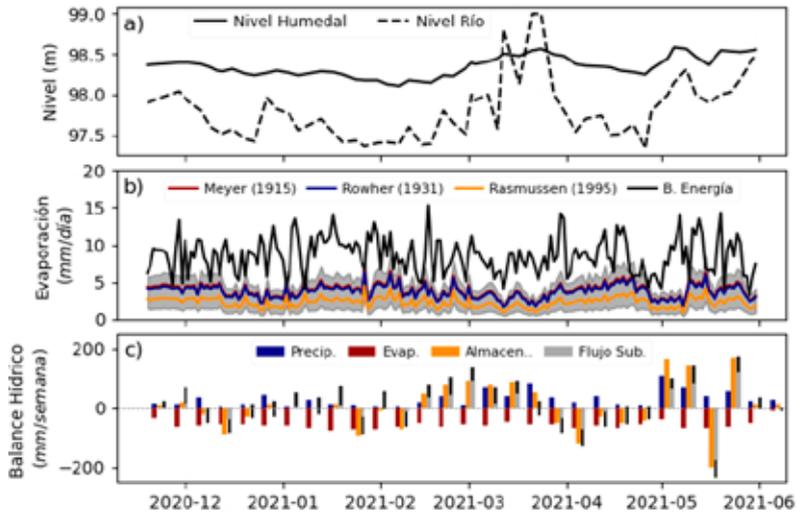


Figura 7. A) Niveles del río y humedal, B) evaporación estimada y C) balance hídrico. En el panel B) la sombra gris representa el rango posible de variación de los métodos aerodinámicos, de los cuales se presenta el valor medio en línea continua. En el panel C) La altura de la barra que muestra el flujo subterráneo se calculó con la evaporación más confiable dada por el balance de energía, la barra de error sobre esta, muestra el otro valor extremo dado por la evaporación mínima posible estimada con los métodos aerodinámicos y velocidad del viento nula.

Flujo subterráneo y balance hídrico

La estimación del balance hídrico y del flujo subterráneo se hizo en ventanas de 7 días, acumulando todos los flujos y el cambio en el almacenamiento en este periodo de tiempo. El flujo subterráneo neto calculado como el valor residual del balance de masa en el humedal se hizo con el valor más confiable de la evaporación dado por el balance de energía, pero se incluye el rango de incertidumbre correspondiente a la estimación de los métodos aerodinámicos con velocidad del viento nula. Se puede observar que el flujo subterráneo está presente la mayor parte del tiempo, aunque en los primeros meses la magnitud del valor estimado es incierta, después de mediados de febrero cuando inician las mayores precipitaciones es claro que este flujo tiene un papel preponderante en el balance hidrológico del humedal, superando en muchos casos los aportes dados por el humedal. También se observa que este oscila entre valores positivos y negativos, lo que quiere decir que el humedal alterna entre momentos en que recibe flujo por parte del acuífero y momentos en los que aporta agua al acuífero. En valor absoluto, la tasa de flujo alcanza valores de 200 mm/semana (alrededor de 30 mm/día), siendo estos los valores más altos comparado con los demás términos del balance hidrológico (precipitación y evaporación). Como es de esperar, los flujos más intensos se dan en los meses de mayor precipitación: marzo y junio.

Cabe resaltar que el flujo subterráneo estimado es un flujo neto, es decir, representa la diferencia entre el flujo de entrada y el flujo de salida, lo que indica que la magnitud individual de cada uno de estos flujos es aún mayor. Esto muestra claramente que el balance hidrológico del humedal El Llanito está fuertemente influenciado por su interacción con el acuífero.

Discusión

Régimen térmico

El humedal El Llanito presenta un régimen térmico polimíctico con una fuerte estratificación en el día y mezcla nocturna. Este patrón de mezcla diaria es esperable dada su baja profundidad, lo cual le confiere poca inercia térmica y por lo tanto el enfriamiento superficial nocturno es suficiente para homogeneizar toda la columna de agua mediante la mezcla inducida por convección de las aguas superficiales.

En el día, cuando el humedal recibe la radiación solar, se facilita el desarrollo de estratificación térmica debido a la ausencia de corrientes de viento que puedan mezclar la columna de agua. Adicionalmente, el continuo flujo subterráneo de agua, con temperatura cercana a los 20°C ayudaría a mantener bajas temperaturas en el fondo y por lo tanto acentúa la estratificación que alcanzó gradientes térmicos superiores a 10°C/m. Sin embargo, otros aspectos no evaluados podrían tener un efecto importante. Por ejemplo, una posible alta concentración de sedimentos en suspensión en las capas superficiales, disminuiría la transparencia del agua y promovería la concentración de la energía radiativa en las capas superficiales, facilitando las altas temperaturas observadas de hasta 33 °C.

Aunque Hamilton (2010) reporta temperaturas superficiales del mismo orden e incluso mayores en humedales de baja profundidad (< 1m), pertenecientes al Pantanal brasileño y al norte de Australia en latitudes de entre 15 y 20°S, también afirma que estas temperaturas extremas serían improbables en latitudes más cercanas a la línea del ecuador, como es el caso del humedal El Llanito (6°N), dado el aumento en nubosidad y la consecuente disminución en la insolación típica de estas zonas (Lewis, 1987). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la radiación solar se incrementa con la elevación, como consecuencia de la disminución en la absorción y dispersión producto del menor espesor de la atmósfera (Aldobhani, 2014). Esto podría estar compensando el efecto de la nubosidad que menciona Hamilton (2010).

Una mejor comprensión de cómo todos estos factores se conjugan, incluyendo el efecto no evaluado aquí de la cobertura de macrófitas, es importante para explicar con mayor precisión el régimen térmico del humedal. Esta información sería importante para anticipar los posibles efectos que el cambio climático

tendría sobre estos sistemas y cómo estos cambios influenciarían los procesos biogeoquímicos al interior del cuerpo de agua (Hamilton, 2010). Para esto se requiere información meteorológica confiable sobre la superficie del agua.

Balance hidrológico

Según los resultados del balance hidrológico, el humedal El Llanito se encuentra aislado superficialmente, tanto del río como de la cuenca alta, pero muestra un importante intercambio subterráneo de agua. Las estimaciones muestran que la precipitación y la evaporación no pueden dar cuenta por sí solas de las variaciones en el volumen de agua almacenado en el humedal, lo que implica que la permanencia depende en gran medida de la dinámica del acuífero, el cual, a su vez, estaría controlado por otros factores como la precipitación y la infiltración del agua en las zonas de recarga.

Es importante anotar que la relevancia del flujo subterráneo se estableció de manera indirecta mediante el balance de la ecuación de conservación de masa. Esto permitió aproximar el flujo subterráneo neto (i.e.: entrada-salida), pero esta aproximación no permite caracterizar la magnitud de los flujos de entrada y salida individuales, por lo que aspectos como el tiempo de residencia del agua en el humedal, o la tasa de flujo desde el humedal hacia el río aún están indeterminados. Sin embargo, las mediciones del nivel del río y del humedal realizadas con referencia a un mismo *datum*, muestran que la dirección del flujo subterráneo es predominantemente desde el humedal/acuífero hacia el río. Queda entonces abierta la pregunta de en qué magnitud es controlado el caudal del río Negro por estos humedales y en general por toda la planicie aluvial y su acuífero. Es bien conocido que el flujo en algunos ríos que discurren sobre planicies aluviales depende en gran medida de los aportes de agua subterránea, los cuales cobran especial importancia en temporadas secas para evitar disminuciones extremas de caudal. Esta dinámica hidrológica finalmente podría condicionar otros aspectos relacionados con la calidad del agua y la ecología de estas corrientes (Sear et al., 1999, Winter, 1998; Woessner, 2000).

Se pudo establecer que la magnitud del flujo subterráneo responde relativamente rápido a las variaciones en la precipitación y dado que el movimiento del agua en el suelo es relativamente lento, esto podría indicar que existen zonas de recarga cercanas que permiten esta rápida respuesta del acuífero. Se conoce que a esta cuenca la subyace un acuífero cuyas unidades de mayor interés hidrogeológico lo componen los depósitos aluviales y terrazas, las cuales están compuestas por arenas y limos que le confieren buena capacidad de infiltración y permeabilidad (Figura 1). Otras unidades hidrogeológicas conformadas por suelos residuales y depósitos de vertiente son clasificadas como acuitardos, las cuales se caracterizan por tener una baja permeabilidad que limita la velocidad de recarga y descarga a través de estas unidades (Hoyos et al., 2001). Debido

a estas condiciones, se podría esperar que las planicies aluviales tengan un rol particularmente importante en la recarga del acuífero, ya que la combinación de suelos con buena permeabilidad, sumado a una topografía plana, facilitaría la infiltración y consecuente recarga de este (POMCA, 2017). En este sentido es importante analizar las consecuencias que tiene el constante desarrollo de infraestructura en estas zonas.

En la Figura 8 se observa una composición en falso color creada a partir de la transformación Tasseled Cap (Shi & Xu, 2019), de una imagen sentinel-2 capturada en julio de 2021. Esta transformación es útil para resaltar tres aspectos de la cobertura del suelo: brillo, verdor y humedad, lo que permite observar y diferenciar con facilidad zonas vegetadas, urbanas, suelo desnudo y cuerpos de agua. Se puede ver que la inmensa mayoría de la cobertura del suelo sobre la planicie aluvial la componen zonas urbanas y en general superficies impermeables, seguidas de pastos y en muy baja proporción cobertura arbórea. Este tipo de coberturas impermeabilizan el suelo impidiendo la infiltración y consecuente recarga del acuífero. Según los resultados del balance hidrológico, esto repercutiría directamente en la dinámica de los humedales y más aún, se esperaría un efecto negativo en la permanencia del caudal del río en periodos de sequía. La magnitud de este efecto requiere análisis detallados, pero sería un aspecto fundamental a tener en cuenta para una planificación urbana a largo plazo del municipio de Rionegro.

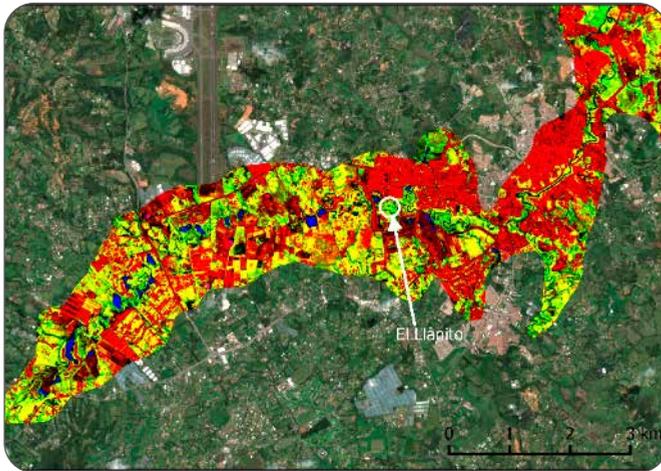


Figura 8. Imagen Sentinel-2 en color verdadero capturada el 17 de julio de 2021. La imagen en colores delimitada por la extensión de los depósitos aluviales, es una composición RGB creada a partir de la transformación Tasseled Cap de la misma imagen sentinel-2. Los techos y zonas urbanas se ven en color rojo, los cuerpos de agua en azul, pastos en amarillo y árboles en verde limón.

Conclusiones

En este estudio se realizó el balance hídrico del humedal El Llanito entre noviembre de 2020 y mayo de 2021, cubriendo desde un periodo de aguas bajas hasta la transición a aguas altas. Para esto, se usaron registros de precipitación de pluviógrafos operados por el ideam y siata, se estimó la evaporación usando métodos aerodinámicos (o de transferencia de masa) y el método de balance de energía considerando el almacenamiento de energía, para lo cual se registró la temperatura de manera continua en el humedal. Los principales resultados obtenidos son:

Se pudo establecer que el flujo subterráneo tiene un importante rol en el balance hidrológico del humedal, ya que la precipitación y evaporación son insuficientes para explicar las variaciones de nivel del mismo. Además, se observa una rápida respuesta del flujo subterráneo a las variaciones en la precipitación, sugiriendo que las zonas de recarga pueden ser cercanas, posiblemente de la misma planicie aluvial del río.

Los niveles del humedal permanecen casi todo el tiempo por encima del nivel del río, lo que implica que este se abastece del humedal/acuífero la mayor parte del tiempo. Esto muestra la necesidad de analizar en detalle el caudal total que puede aportar el acuífero para la permanencia del flujo en el río Negro, especialmente en temporadas secas. Máxime cuando las llanuras y terrazas aluviales que pueden ser importantes zonas de recarga, experimentan una fuerte presión para el desarrollo de infraestructura que limitaría su función de recarga y reduciría aportes de caudal al río. Es importante entonces que se avance en la delimitación y protección de la ronda hídrica, considerando su función como zona de recarga del acuífero.

El humedal muestra un régimen polimíctico diario con estratificación diurna y mezcla nocturna. Los períodos de estratificación presentan gradientes térmicos muy pronunciados de hasta $10\text{ }^{\circ}\text{C/m}$. Entre los factores identificados que podrían explicar esto se encuentran: su baja profundidad, la ausencia de corrientes de viento y el aporte de agua fría subterránea. Otros factores que podrían influir son: la alta radiación solar recibida por su elevación (2.000 msnm) y una eventual alta concentración de material en suspensión.



Referencias

- Abramowitz, G., Pouyanné, L. & Ajami, H. (2012). On the information content of surface meteorology for downward atmospheric long-wave radiation synthesis. *Geophysical research letters*, 39(4).
- Aldobhani, A. A. M. S. (2014). Effect of altitude and tilt angle on solar radiation in tropical regions. *Journal of Science and Technology*, 19(1).
- Batzer, D. P. & Sharitz, R. R. (Eds.). (2014). *Ecology of freshwater and estuarine wetlands*. Univ of California Press.
- Bullock, A; Acreman, M. (2003). The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(3), 358-389.
- C.P.C.I.T. (s. f.). *Cold & Warm Episodes by Season. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Recuperado 22 de junio de 2021, de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Cornare. (2012). Evaluación y Zonificación de Riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Rionegro. Cornare y Gobernación de Antioquia.
- Dingman, S. L. (2015). *Physical hydrology. Waveland press.* (847).
- Foti, R., del Jesús, M., Rinaldo, A. & Rodriguez-Iturbe, I. (2012). Hydroperiod regime controls the organization of plant species in wetlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(48), 19596-19600.
- Hamilton, S. K. (2010). Biogeochemical implications of climate change for tropical rivers and floodplains. *Hydrobiologia*, 657(1), 19-35.
- Holdridge, L. R. (1966). *Life zone ecology. Tropical Science Center.* (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa. *Ecología basada en zonas de vida.* .San José, Costa Rica: IICA, 1982.
- Hoyos, F., Vélez, M. V., Múnera, J. C. & Arias, D. E. (2001). Sistema Hidrogeológico del altiplano de Rionegro y del Valle de la Unión en la Zona Central de Antioquia. *Avances. En Recursos Hidráulicos*, 08, 77-89.
- Hughes, D. A., Tshimanga, R. M., Tirivarombo, S. & Tanner, J. (2014). Simulating wetland impacts on stream flow in southern Africa using a monthly hydrological model. *Hydrological Processes*, 28(4), 1775-1786.

- IDEAM & Serna, J. (2021). Boletín de seguimiento fenómeno del niño y la niña (N.º 159). Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima/fenomenos-el-nino-y-la-nina>
- Lewis, Jr., W. M. (1987). Tropical limnology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18(1), 159-184.
- Makungu, E. & Hughes, D. A. (2021). Understanding and modelling the effects of wetland on the hydrology and water resources of large African river basins. *Journal of Hydrology*, 603, 127039.
- Meyer, X. (1915). Computing runoff from rainfall and other physical data. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, 79 (1915), 1055-1155.
- McJannet, D. L., Webster, I. T., & Cook, F. J. (2012). An area-dependent wind function for estimating open water evaporation using land-based meteorological data. *Environmental modelling & software*, 31, 76-83.
- Murray-Hudson, M., Wolski, P., Murray-Hudson, F., Brown, M. T., & Kashe, K. (2014). Disaggregating hydroperiod: components of the seasonal flood pulse as drivers of plant species distribution in floodplains of a tropical wetland. *Wetlands*, 34(5), 927-942.
- Pechmann, J.H., Scott, D.E., Whitfield Gibbons, J. & Semlitsch, R.D. (1989). Influence of wetland hydroperiod on diversity and abundance of metamorphosing juvenile amphibians. *Wetlands ecology and Management*, 1(1), 3-11.
- POMCA (2017). Consorcio Pomcas Oriente antioqueño. Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río negro (código 2308-01).
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 28(107), 201-222.
- Quijano Abril, M; Villabona González, S; García Duque, J; Gómez Hoyos, A. (2018). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización*. Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Rasmussen, A. H., Hondzo, M. & Stefan, H. G. (1995). A test of several evaporation equations for water temperature simulations in lakes 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 31(6), 1023-1028.

- Rohwer, C. (1931). Evaporation from free water surfaces (No. 271). US Department of Agriculture.
- Ruetz III, C. R., Trexler, J. C., Jordan, F., Loftus, W. F. & Perry, S. A. (2005). Population dynamics of wetland fishes: spatio-temporal patterns synchronized by hydrological disturbance? *Journal of Animal Ecology*, 74(2), 322-332.
- Shi, T., & Xu, H. (2019). Derivation of tasselled cap transformation coefficients for Sentinel-2 MSI at-sensor reflectance data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(10), 4038-4048.
- Sear, D. A., Armitage, P. D. & Dawson, F. H. (1999). Groundwater dominated rivers. *Hydrological processes*, 13(3), 255-276.
- Subramanya, K. (2013). *Engineering hydrology* (4ed.). Tata McGraw-Hill Education.
- Tarr, T. L., Baber, M. J. & Babbitt, K. J. (2005). Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wetlands Ecology and Management*, 13(3), 321-334.
- Winter, T.C. (1998) Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeology Journal*, 7, pp. 28-45.
- Woessner, W. W. (2000). Stream and fluvial plain ground water interactions: rescaling hydrogeologic thought. *Groundwater*, 38(3), 423-429.



Capítulo 4

El valor paisajístico de los humedales
urbanos del altiplano del Oriente antioqueño



A black and white photograph of a person wearing a wide-brimmed hat and a vest, leaning over and using a handheld electronic device in a wetland environment. The background shows tall grasses and water lilies.

El valor paisajístico de los humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño

Luisa Fernanda Correa-Gómez¹

Introducción

Los humedales son ecosistemas estratégicos ya que proporcionan gran cantidad de servicios ecosistémicos y contribuyen a las diversas dinámicas de vida de las personas. Hoy por hoy, estos ecosistemas se encuentran amenazados por la intensa actividad humana que se desarrolla a su alrededor, generando transformaciones en los paisajes y en los usos del suelo.

En el altiplano del Oriente antioqueño hay una gran riqueza hídrica, la cual comprende a la cuenca del río Negro y sus tributarios, su llanura de inundación y los humedales asociados a esta. En la presente investigación se analizó el paisaje de los ecosistemas de humedales, los cuales poseen un alto valor paisajístico y están siendo amenazados por las actividades antrópicas y la expansión urbana. A lo largo de la presente investigación, se evidencian en estos ambientes cambios particulares en el paisaje que afectan directamente estos entornos y a sus habitantes.

Como se indica previamente, el interés de esta investigación fue analizar el paisaje de estos ecosistemas para categorizar su valor paisajístico de manera integral, desde lo natural, físicoespacial, sociocultural y perceptual. Para de esta forma, poder identificar particularidades y características únicas de estos espacios, que puedan llevar a incentivar su conservación, uso y cuidado por parte del Estado y de la comunidad.

¹ Facultad de Arquitectura, Universidad Pontificia Bolivariana

En primer lugar, para comprender el paisaje de estos humedales integralmente, es importante tener claro el concepto de paisaje, y como base inicial es importante entonces recurrir al significado que el Convenio Europeo de Paisaje ha concretado, y que define al paisaje como “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (European Landscape Convention, 2004).

Asimismo, la Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI) define al paisaje como “un espacio/tiempo resultado de factores naturales y humanos, tangibles e intangibles, que al ser percibido y modelado por la gente, refleja la diversidad de las culturas” (La Iniciativa Latinoamericana del Paisaje, 2012).

Para Maderuelo (1997) “un espacio geográfico solo se considera paisaje cuando es percibido y construido culturalmente... es una serie de ideas, de sensaciones y sentimientos que surgen de la contemplación sensible de un lugar”. En complemento, Nogué (2007), afirma que el paisaje es “un producto social, el resultado de una transformación colectiva de la naturaleza y la proyección cultural de una sociedad en un espacio determinado”.

Estos conceptos promueven el papel del paisaje no solo desde un enfoque ambiental, sino también desde lo social, de una manera integral para la planificación del territorio. Si bien estas dos definiciones son claves para acercarnos y comprender el paisaje, estos conceptos se quedan cortos ante el escenario que propone esta investigación, ya que en estos, es determinante definir el paisaje desde la transformación de un entorno natural por un grupo de personas a través del tiempo.

El concepto de paisaje en esta investigación se inclina hacia uno que integre el grado de naturalidad del espacio, es decir, que plantee la importancia de áreas altamente naturales en la ciudad, que garanticen una conectividad ecológica y sean espacios apreciados y valorados socialmente. De esta manera, bajo nuestra interpretación, un paisaje ocurre en un tiempo y espacio determinado y se ajusta a las condiciones técnicas y culturales del momento.

Para desarrollar esta investigación se definieron tres variables principales de estudio: los humedales, el carácter del paisaje, y la vocación del paisaje. Los humedales son ecosistemas que, debido a sus condiciones geomorfológicas e hidrológicas, permiten la acumulación de agua temporal o permanentemente y dan lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones (Jaramillo et al., 2015).

El carácter del paisaje es el conjunto de rasgos claramente reconocibles y distintivos encontrados en un determinado lugar, que contribuyen a hacer un espacio diferente de otro y le otorgan a un área específica su propia identidad (Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland, 2002).

La vocación del paisaje es la inclinación o llamado de estos espacios a ser o tener un determinado uso, en función de su esencia, de su carácter o del llamado espíritu del lugar. Es importante que, sin importar la vocación a la que se designe a cualquier paisaje, cuente con una función ecosocial, la cual promueva la sostenibilidad ambiental y la justicia social (Soba Giordano, 2011).

El propósito de esta investigación fue identificar particularidades del paisaje en uno de los municipios de mayor desarrollo y crecimiento poblacional del altiplano del Oriente antioqueño, el municipio de Rionegro. Asimismo, el análisis aquí propuesto, estuvo enfocado en los humedales de la ciudad, sin duda una riqueza natural escondida entre la expansión urbana y el crecimiento económico que ha tenido el municipio en los últimos años. A lo largo de este capítulo se tratará de dar respuesta a la pregunta: ¿Cuál es el valor paisajístico y la vocación del uso de los humedales del municipio de Rionegro?

Metodología

Área de estudio

La presente investigación analiza el paisaje de cuatro humedales de Rionegro: Guadalcanai, Lotus, El Llanito y Madre Vieja, ubicados en la llanura de inundación del río Negro, los cuales conforman un cordón de humedales al borde este. Algunos de ellos son naturales y otros son artificiales, consecuencia de actividades antrópicas como la minería. Fueron seleccionados estos humedales ya que cada uno representa un paisaje asociado al agua con diferentes lógicas y dinámicas. Solo el humedal Guadalcanai está ubicado en zona suburbana del municipio de Rionegro y está rodeado de casas de recreo y fincas con vocación agropecuaria.

Los otros tres están ubicados en zona urbana en el sector de El Porvenir, en barrios con dinámicas diferentes. El humedal Lotus está ubicado adyacente a los conjuntos residenciales Campus Reservado y Lotus. El humedal El Llanito, cerca de los barrios El Llanito y Los Llanos. Por último, el humedal Madre Vieja, lo bordean varios barrios y es el humedal más cercano del Centro de Rionegro y aunque esté inmerso en la zona urbana es el humedal con más difícil acceso, ya que el río lo separa de la ciudad (Figura 1).



Figura 1. Localización humedales estudiados desde el paisaje. Humedal Guadalcanaí, Humedal Lotus, Humedal El Llanito, Humedal Madre Vieja.

Para esta investigación se utilizó el método lógico inductivo. La metodología constó de cuatro fases: 1) Establecimiento de relaciones entre los humedales, el carácter del paisaje y la vocación del paisaje. 2) Caracterización de singularidades paisajísticas. 3) Determinación del valor paisajístico y la vocación de uso de los humedales. 4) Análisis integral del paisaje (Tabla 1).

Tabla 1. Diseño metodológico

¿Cuál es el valor paisajístico y la vocación de uso de los humedales del municipio de Rionegro?				
Objetivo	¿Qué?	¿Cómo?		¿Con qué?
1	Definir y establecer conceptual y teóricamente la relación entre el carácter del paisaje, vocación del paisaje y humedales.	Método. Biblioteca.	Se recolectan datos, revisa bibliografía, busca información y demás sobre los conceptos de los ecosistemas de humedales, carácter del paisaje y la vocación del paisaje.	Bibliografía. Cartografía. Fotografías. Audiovisuales.
2	Caracterizar los valores del paisaje y las singularidades de los humedales en el área de estudio.	Estudio de caso.	Análisis del contexto, su contexto físico, geográfico, histórico, normativo, entre otros. Se describen las dinámicas sociales, culturales, ecológicas y económicas del lugar, así como los rasgos y elementos más particulares y característicos de su paisaje.	Bibliografía. Cartografía. Fotografías. Fotos satelitales.
3	Determinar el valor paisajístico y la vocación de uso de los cuatro humedales elegidos en Rionegro.	Observación cualitativa.	Análisis del paisaje realizado en cada uno de los cuatro humedales de los sistemas natural, fisicoespacial, sociocultural, perceptual y visual.	Bibliografía. Cartografía. Esquemas. Entrevistas.
4	Agrupar conforme a los valores paisajísticos y vocación de uso los cuatro humedales seleccionados.	Meta síntesis	Identificación del valor paisajístico de los humedales a partir de un análisis del paisaje integral, para determinar la vocación del uso más apropiada para cada uno de estos cuatro ecosistemas.	Bibliografía Cartografía Fotografías Fotos satelitales

En la actualidad, no son muy comunes las metodologías para el análisis del paisaje de los humedales y mucho menos para humedales urbanos de montaña, como los estudiados en este trabajo. Por lo tanto, se revisaron algunas metodologías para el análisis del recurso visual del paisaje y la exploración de su potencialidad, fragilidad e importancia, tales como: el método de Análisis del Paisaje (McHarg, 1969); Visual Resource Management VRM (Bureau of Land Management, 1986; Landscape Character Assessment LCA (Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland, 2002) y la Guía Metodológica de Estudios del Paisaje (Muñoz, 2012).

La recolección de datos obtenidos del análisis del área de estudio se compiló en una serie de fichas, en las cuales se describieron las generalidades de cada humedal y se muestran sus respectivos análisis: multitemporal, por sistemas, perceptual visual y perceptual espacial.

Análisis multitemporal

Se realizó un reconocimiento de la transformación de cada humedal y de su entorno, por medio de un estudio de fotos aéreas desde el año 2000 hasta la actualidad.

Análisis del Sistema Natural

Se analizó todo lo relacionado con el medio natural y la composición vegetal del entorno donde está ubicado cada humedal.

Análisis Sistema Físicoespacial

Se analizó lo relacionado con la infraestructura urbana y el ordenamiento territorial del entorno del humedal.

Análisis Sistema Sociocultural

En este componente se analizó lo relacionado con los habitantes del sector donde se ubica el humedal.

Análisis perceptual visual

Determina la visibilidad (espacio existente entre el paisaje y el observador que se aprecia desde un punto o zona determinado). Se seleccionaron unos puntos de observación estáticos y dinámicos en un radio de 500 m, donde se tomó como punto central cada humedal, y se analizó la sensibilidad visual, planos visuales según distancia, atributos estéticos y cuenca visual.

Análisis perceptual espacial

Permite resolver problemas complejos relacionados con el confort, ubicación y espacialidad de un lugar, sirve para buscar patrones, evaluar tendencias y tomar decisiones. Va más allá de la representación cartográfica y le permite estudiar las características de los lugares y las relaciones entre ellos, así como identificar las emociones y afectos del observador frente a un paisaje. Para este análisis se utilizaron unos puntos de observación estáticos en cada humedal, y se analizaron los puntos de sonido, confort térmico, iluminación, olor y emoción, para luego realizar la cartografía.

Finalmente, con base en la información obtenida de los anteriores análisis, se identificó el carácter del paisaje de cada humedal, los valores paisajísticos de los humedales y la vocación de uso para cada humedal.

Resultados

El carácter del paisaje de los humedales

Si bien el paisaje de los humedales de Rionegro posee características similares, como la presencia de agua y alta cantidad de vegetación, cada uno de los paisajes de estos humedales es singular, ya que por la composición escénica ofrece diversas experiencias a quien lo observe y habite. A continuación, se explicará el carácter del paisaje de cada uno de los cuatro humedales, que se identificó de acuerdo con los análisis y estudios explicados anteriormente.

Humedal Guadalcanai

El carácter del paisaje está determinado por la dominancia de atributos bióticos, como el espejo de agua del humedal y masas arbóreas definidas (Figura 2). Este paisaje, se caracteriza por un grado alto de naturalidad y una baja presencia antrópica.



Figura 2. Humedal Guadalcanai

En general, las formas del paisaje son continuas, existe una continuidad espacial que se ve interrumpida por algunos elementos naturales. La vegetación se encuentra extendida en todo el paisaje, mientras que la fauna se encuentra en áreas determinadas. La homogeneidad en los tonos de colores es un factor predominante, así como la textura del follaje de los árboles y las plantas acuáticas. Las condiciones de visibilidad, intervisibilidad y amplitud de cuencas visuales determinan en general un alto grado de exposición del territorio. Los elementos antrópicos como las casas de recreo están dispersas entre sí, y aunque resaltan en el paisaje no contrastan abruptamente en él.

Humedal Lotus

El carácter del paisaje está determinado por la dominancia de atributos bióticos, como el espejo de agua del humedal y la vegetación; así como de elementos antrópicos, tales como los edificios y la vía, los cuales se pueden ver claramente (Figura 3). Se caracteriza por un grado alto de naturalidad, pero con una alta presencia antrópica.



Figura 3. Humedal Lotus.

Algunas formas del paisaje son continuas y otras no, ya que son interrumpidas por elementos antrópicos. La vegetación y la fauna se encuentran sectorizadas. Aunque hay elementos que contrastan en forma y color, el paisaje conserva cierta homogeneidad en los tonos de colores, así como las texturas más predominantes que son del follaje de los árboles y el espejo de agua. Las condiciones de visibilidad, intervisibilidad y amplitud de cuencas visuales determinan en general un medio – alto grado de exposición del territorio.

Humedal El Llanito

El carácter del paisaje está determinado por la dominancia de atributos bióticos, como el espejo de agua del humedal y masas arbóreas definidas. Se caracteriza por un grado alto de naturalidad (Figura 4), aunque hay elementos antrópicos que contrastan en una zona determinada del paisaje. En general, las formas del paisaje son continuas, sin embargo, se ven interrumpidas por algunos elementos naturales. La vegetación se encuentra extendida en todo el paisaje, con unas áreas con más concentración de esta, mientras que la fauna se encuentra en áreas determinadas del paisaje donde predomina una densa y alta vegetación. Hay una alta cantidad de aves en este humedal que muchas veces no pueden verse, pero pueden escucharse.

En general, la homogeneidad en los tonos de colores es un factor predominante, aunque hay elementos que contrastan en forma y color, así como la textura del follaje de los árboles y las plantas acuáticas. Las condiciones de visibilidad, intervisibilidad y amplitud de cuencas visuales determinan en general un grado medio – bajo de exposición del territorio.



Figura 4. Humedal El Llanito.

Humedal Madre Vieja

El carácter del paisaje está determinado por la dominancia de atributos bióticos, como el relieve y masas arbóreas definidas, como se puede ver en la Figura 5, no posee un espejo de agua permanente. Se caracteriza por un alto grado de naturalidad y una baja presencia antrópica.



Figura 5. Humedal Madre Vieja.

En general, las formas del paisaje son discontinuas, existe una discontinuidad espacial que se ve interrumpida por cambios topográficos y elementos naturales (Figura 6). La vegetación se encuentra extendida en todo el paisaje, al igual que la fauna. La homogeneidad en los tonos de colores es un factor predominante, así como la textura del follaje de los árboles y las plantas acuáticas. En este paisaje no se observa un espejo de agua permanente. Las condiciones de visibilidad, intervisibilidad y amplitud de cuencas visuales determinan en general un alto grado de exposición del territorio. Los elementos antrópicos, como por ejemplo las casas, están dispersas y ocultas por una vegetación densa y aunque son visibles en el paisaje, no contrastan abruptamente en él.



Figura 6. Humedal Madre Vieja.

El valor paisajístico de los humedales

A partir de las funciones que desempeñan los elementos de un paisaje, se reconocen los siguientes valores paisajísticos en los humedales del municipio de Rionegro:

Valor escénico

Los paisajes de los humedales como la nueva identidad cultural. Los paisajes de los humedales son heterogéneos, donde predominan elementos como el agua (Humedal Guadalcanai, Humedal Lotus y Humedal El Llanito) y la vegetación. El Humedal Madre Vieja es el único que no posee un espejo de agua permanente, ya que este se consolida cuando hay altas precipitaciones.

En estos paisajes predominan los colores verdes, tonos de azul y café. Son escenarios donde es posible identificar variedad de fauna que contrasta en la vegetación diversa, pero donde prevalece el color verde. Los contrastes visuales, cromáticos y de texturas predominan en los humedales con un espejo de agua permanente (Humedal Guadalcani, Humedal Lotus y Humedal El Llanito) y en los humedales donde hay elementos antrópicos de gran tamaño que sobresalen en el paisaje (Humedal Lotus y Humedal El Llanito). Los paisajes de estos ecosistemas constituyen la expresión espacial de una geografía de planicie de río habitual, pero que ha sido transformada drásticamente por el ser humano.

El grado de naturalidad en general de los humedales es alto, pero es posible identificar los suelos aledaños mucho más alterados. Los humedales con un suelo más degradado, con áreas erosionadas y con rellenos de tierra son los Humedales Guadalcanai y Lotus, seguidos de Madre Vieja, en el cual su topografía fue modificada con jarillones y que en la actualidad se mimetizan con naturalidad en el paisaje. El Llanito es el humedal con el grado más alto de naturalidad y el que menos intervención antrópica evidencia en sus suelos aledaños, contando así con áreas donde la vegetación bloquea el paso.

De acuerdo con lo anterior, se propone una calificación del valor escénico en los humedales estudiados (Tabla 2). Esta indica que los humedales con un valor escénico mayor, por sus singularidades en la composición, colores y elementos, son los humedales Guadalcanai y El Llanito, seguidos de los humedales Lotus y Madre vieja.

Tabla 2. Valor escénico de los humedales.

Valor escénico				
Humedal	Muy alto	Alta	Medio	Bajo
Guadalcanai	X			
Lotus		X		
Llanito	X			
Madre vieja		X		

Valor ecológico

Los paisajes de los humedales como agentes enriquecedores del entorno: los humedales son considerados *hotspots*, por su alta biodiversidad de fauna y flora. En el libro *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización* (Quijano-Abril et al., 2018), se menciona que gran parte de la vegetación acuática y semiacuática registrada para los humedales estudiados es de amplia distribución y ha sido reportada en diferentes zonas de vida.

De las 48 especies de flora registradas para estos ambientes, 41 son nativas, cuatro naturalizadas, dos son adventicias y un cultivada. Consolidándose este tipo de ambientes, entre otros, como espacios estratégicos para peces y aves migratorias. En promedio, la riqueza de plantas para los sitios estudiados fue de 11 especies por humedal, variando entre seis y 18 especies. Según este estudio, el Humedal Lotus es el humedal que posee más variedad de flora con 14 especies, seguido del Humedal Madre Vieja con 12 especies, luego el Humedal Guadalcanai con 10 especies y por último el Humedal El Llanito con ocho especies.

La calidad del agua en los humedales seleccionados fluctúa entre aguas de calidad aceptable, donde se evidencian efectos de contaminación (Humedal Lotus y Humedal Madre Vieja) y aguas con calidad dudosa, moderadamente contaminadas (Humedal Guadalcanai y Humedal El Llanito).

Respecto a la cantidad de peces, el humedal con más abundancia de individuos fue el de El Llanito (300), seguido del Guadalcanai (menos de 200), Madre Vieja (100) y, por último, Lotus (50). En cuanto a la riqueza y variedad de especies de peces, El Llanito y Guadalcanai son los que poseen más (4 taxones), le sigue Lotus (3 taxones) y por último Madre Vieja (1 taxón).

En cuando a los anfibios, el humedal con más cantidad de individuos y especies es el Madre Vieja, luego Lotus, Guadalcanai y por último El Llanito.

En relación con las aves se registraron 29 especies, siendo El Llanito el humedal con más riqueza de avifauna, ya que en él se registraron el total de las 29 especies, seguido de Guadalcanai con 28 especies, Lotus con 25 especies y por último Madre Vieja con 15 especies. En conclusión, cada uno de los humedales es muy rico en diversidad de fauna y flora y dicha diversidad es muy variada entre ellos (Tabla 3).

Tabla 3. Valor ecológico de los humedales.

Valor ecológico				
Humedal	Muy alto	Alta	Medio	Bajo
Guadalcanai	X			
Lotus			X	
Llanito	X			
Madre vieja			X	

Valor social

Los paisajes de humedales como escenarios de reconciliación. Este valor expresa cualidades a través de las cuales se fortalece el sentido de identidad con un lugar determinado, y es mayor cuando dichos espacios forman parte de la vida cotidiana de las personas, cuando se hace de este un entorno familiar y la comunidad se apropia de él.

En el caso de los humedales, este valor radica en el reconocimiento de su importancia, el sentido de arraigo y valoración por parte de los habitantes del sector de El Porvenir, Rionegro y el Oriente antioqueño, así como la gestión adecuada desde políticas y leyes de entidades públicas y gubernamentales. Los humedales podrían convertirse en escenarios afectivos, vinculados a las experiencias emocionales de los individuos o colectivos. El alto grado de naturalidad en medio de una ciudad emergente como Rionegro, la cual presenta un crecimiento acelerado y descontrolado, puede significar relajación, paz y tranquilidad ante una vida de afanes y preocupaciones. Es por esto que las experiencias espaciales que ofrecen estos ambientes son inolvidables, así como las emociones que evoca el acto de contemplarlos.

Con base en el análisis del paisaje y las encuestas realizadas a los habitantes, las personas reconocen que los han visitado regularmente y que sienten mayor arraigo y apropiación hacia los humedales Lotus y El Llanito, mientras que con los humedales Guadalcanai y Madre Vieja no sucede lo mismo (Tabla 4).

Tabla 4. Valor social de los humedales.

Valor social				
Humedal	Muy alto	Alta	Medio	Bajo
Guadalcanai			X	
Lotus	X			
Llanito	X			
Madre vieja			X	

Valor territorial

Los paisajes de los humedales como moldeadores del territorio. La alta biodiversidad y la riqueza ambiental de los humedales debería suponer restricciones ante el crecimiento urbano y los usos asociados a la recreación y el esparcimiento, condicionando la planificación y el ordenamiento territorial en beneficio de la conservación y protección de los humedales. Estos paisajes, además de ser portadores de identidad para los habitantes del municipio deberán estructurar la ocupación del territorio y los usos asociados a ellos, es decir, estableciendo unos usos condicionados con el fin de mantener el equilibrio ambiental y no generar perturbaciones innecesarias. Asimismo, los humedales no deberían ser objeto de enajenación, concesión o privatización con el fin de ser explotados económicamente, ya sea por el Estado o por el sector privado.

Si bien todos los humedales estudiados están ubicados en la llanura de inundación del río Negro, y por consiguiente están dentro de las Áreas de Conservación, el análisis muestra que a los humedales Lotus y El Llanito se les otorga la mayor calificación debido a que por su alto valor social influyen de manera diferente en las dinámicas y en las presiones urbanas desde el sector inmobiliario (Tabla 5). Sin embargo, los cuatro humedales son importantes para una planificación y ordenamiento territorial integral.

Tabla 5. Valor territorial de los humedales.

Valor territorial				
Humedal	Muy alto	Alta	Medio	Bajo
Guadalcanai		X		
Lotus	X			
Llanito	X			
Madre vieja		X		

Valor patrimonial

Los paisajes de los humedales como expresión espacial de la resiliencia. La explotación secular de los recursos naturales en elementos estructurantes como el río Negro y su ronda hídrica (antes para la extracción de oro y ahora para arenas y arcillas), ha dejado un legado histórico, cultural y patrimonial, relacionado con la explotación minera.

Si bien estos humedales están ubicados sobre la llanura de inundación del río Negro, la morfología y estructura paisajística fue consecuencia de actividades antrópicas. Espacios con memoria de una alta explotación de recursos naturales que se fueron recuperando cuando el hombre los abandonó, conformando así una buena parte de los paisajes de humedales que hoy podemos apreciar. En una ciudad intermedia como Rionegro, con miras a consolidarse como ciudad principal, cuya estructura ecológica principal está fragmentada, y donde el río Negro está recibiendo una fuerte intervención, es necesario la consolidación de nuevas figuras políticas, sociales y ambientales, que piensen a los elementos naturales como los paisajes de los humedales, en tanto patrimonio natural del municipio.

Con respecto al valor patrimonial, se referencia al humedal El Llanito como el de más alta calificación, en comparación con los otros humedales. Esto se debe a que ha sido el humedal que más se ha visto afectado por actividades antrópicas como minería y construcción (Tabla 6).

Tabla 6. Valor patrimonial de los humedales.

Valor patrimonial				
Humedal	Muy alto	Alta	Medio	Bajo
Guadalcanai		X		
Lotus		X		
Llanito	X			
Madre vieja		X		

Vocación de uso en los humedales de Rionegro

A continuación, se presentan las tablas de los usos designados para cada humedal:

Humedal Guadalcanai

Al estar ubicado en una zona suburbana, con deficiencia de espacio público, se considera que este humedal puede consolidarse como un nodo de gran importancia para el sector (Tabla 7.). Este humedal posee valores ecológicos altos, propicios para la investigación científica y la educación ambiental. De igual manera, su riqueza escénica es adecuada para consolidar senderos y recorridos guiados, torres de avistamiento de aves y miradores. Por el gran tamaño del humedal y reconociendo algunas áreas degradadas, se podrían diseñar estrategias de recreación activa controlada, sectorizada y separada correctamente de las áreas más vulnerables biológicas y paisajísticas. Este paisaje soporta los cambios físicos que implicaría un diseño de espacio público en el humedal, ya que el entorno donde está inscrito no está tan transformado antrópicamente y se considera que con un diseño del paisaje adecuado los valores paisajísticos se reforzarían positivamente.

Tabla 7. Vocación de uso Humedal Guadalcanai.

Humedal Guadalcani		
Número	Uso	Presente
1	Conservación y rehabilitación de fauna	X
2	Recreación pasiva	X
3	Investigación científica	X
4	Educación ambiental	X
5	Recreación activa	X

Humedal Lotus

A lo largo de la investigación se ha demostrado y soportado la importancia como espacio público que ya posee este humedal, incluso mucho antes de que se consolidaran los edificios de vivienda a su alrededor, facilitando así el acceso a él. Al contar un valor ecológico medio, la investigación científica y educación ambiental en este humedal pasan a un segundo plano, siendo la recreación tanto activa como pasiva la vocación de uso de este humedal, respaldando esta idea con un valor escénico alto y uno social muy alto (Tabla 8).

Tabla 8. Vocación de uso Humedal Lotus.

Humedal Lotus		
Número	Uso	Presente
1	Conservación y rehabilitación de fauna	X
2	Recreación pasiva	X
3	Investigación científica	
4	Educación ambiental	
5	Recreación activa	X

Este paisaje ya posee elementos antrópicos que contrastan con el humedal, por lo que se debe buscar el balance adecuado entre el diseño de su espacio público, siempre en función de conservar y exaltar los valores paisajísticos del humedal, sin degradar su calidad visual paisajística.

Humedal El Llanito

Al Humedal El Llanito se le designan todos los usos menos la recreación activa (Tabla 9). Este humedal es el que posee los valores escénicos, ecológicos, sociales, territoriales y patrimoniales más altos de los cuatro humedales. Asimismo, es el más rico en biodiversidad, su grado alto de naturalidad ofrece un paisaje maravilloso y por su ubicación cerca de varios barrios es reconocido y apreciado por la comunidad. Por todo lo anterior es que se le designan los usos mencionados, menos la recreación activa, ya que esta podría afectar drásticamente los valores paisajísticos del humedal, ahuyentar la fauna, el daño de la vegetación y el deterioro en la calidad visual paisajística. Una recreación pasiva, basada en unos recorridos visuales y miradores estratégicamente adecuados, de acuerdo a los análisis realizados a lo largo de la investigación, no supondrían una perturbación al ecosistema ni un daño al paisaje.

Tabla 9. Vocación de uso Humedal El Llanito.

Humedal El Llanito		
Número	Uso	Presente
1	Conservación y rehabilitación de fauna	X
2	Recreación pasiva	X
3	Investigación científica	X
4	Educación ambiental	X
5	Recreación activa	

Humedal Madre Vieja

este humedal es un caso especial, ya que, por su condición de predio privado y su ubicación al otro lado del río, es difícil su accesibilidad y aprovechamiento, esto hace del humedal un espacio aislado no solo físicamente, sino también afectivamente de los habitantes del sector. Este humedal por su ubicación estratégica y al ser el más inmerso en el trazado urbano, podría convertirse en un espacio que fomente el encuentro, la conexión con la naturaleza, y la desconexión del ajetreado mundo real (Tabla 10).

Tabla 10. Vocación de uso Humedal Madre Vieja.

Humedal Madre Vieja		
Número	Uso	Presente
1	Conservación y rehabilitación de fauna	X
2	Recreación pasiva	X
3	Investigación científica	
4	Educación ambiental	X
5	Recreación activa	

El valor ecológico de este humedal no es tan alto como en los otros humedales y por lo tanto la investigación científica pasaría a otro plano. Sin embargo, la educación ambiental podría desarrollarse adecuadamente en este lugar. El humedal posee un valor escénico y un grado de naturalidad altos, donde no hay

elementos antrópicos que contrasten drásticamente. Por esta razón, la intervención en el paisaje y adecuación del espacio público debe ser simple y amigable con el entorno, sin deteriorar la calidad visual paisajística. Así pues, la recreación pasiva es la vocación de uso principal de este humedal, donde se pueden realizar recorridos ecológicos y escénicos, miradores y observatorios de aves.

Discusión

El paisaje no solo refleja la cultura, sino que es parte de su construcción. Refleja el pasado, el presente y el futuro de una sociedad, refleja ideologías, sueños, ambiciones y conflictos, dibujados en el lienzo del territorio. La importancia de la construcción social del paisaje radica entonces en que seamos conscientes de que formamos parte de un todo, un sistema, donde cada individuo cumple una función, para así mantener un equilibrio ecosistémico. Entender el paisaje como un sistema, compuesto de varias capas distintas pero conectadas entre sí, permite un entendimiento global y holístico de las interacciones entre las mismas y, de esa manera, tener un mejor acercamiento a las problemáticas y oportunidades en el momento de analizar, diseñar y gestionar el paisaje.

A partir de entender el paisaje como un moldeador del territorio y además como producto de un acto social, los humedales como ecosistemas estratégicos y paisajes singulares, poseen un carácter y un valor emocional que influye en la vocación de uso y esencia del lugar. Los paisajes del agua de Rionegro, y principalmente los humedales, son escenarios de vida terrestre y acuática, portadores de identidad, con un gran peso histórico y cultural, son expresiones del paso de una geografía variada y del progreso de un pueblo agrícola y artesanal, a uno industrial y comercial. Los humedales analizados son tesoros naturales inmersos en un trazado urbano en constante transformación, que poseen altos y variados valores paisajísticos, además de una vocación de uso incuestionable, en especial para un municipio como lo es Rionegro, que cuenta con una deficiencia de espacio público considerable, comparado con su crecimiento urbano y demográfico.

Esta investigación invita a la reflexión activa y el entendimiento de que el paisaje de los humedales de Rionegro debe valorarse como un medio físico (valor escénico), con una riqueza ambiental (valor ecológico) y una importancia cultural (valor social), que determina funciones espaciales específicas (valor territorial) y por eso deben consolidarse como patrimonio natural (valor patrimonial) del municipio.

Identificar los valores paisajísticos de los humedales, no es necesario solo para el reconocimiento de elementos propios de estos ambientes, sino también para saber cómo mejorar y enriquecer aquellos que no sean altamente valorados.

En cuanto a la vocación de uso de los humedales de Rionegro es primordial entender que por su naturaleza y función ecosistémica, los humedales siempre tendrán la función de albergar y contribuir en la conservación de la flora y fauna. Sin embargo, la rehabilitación en cada humedal será diferente y estará relacionada a las dinámicas de cada uno de estos y su entorno. Los cuatro humedales poseen un alto nivel de biodiversidad, por lo que son escenarios perfectos para la investigación científica y su divulgación. La educación ambiental es relevante en todos, ya que cada uno posee singularidades tanto desde lo ambiental como de lo paisajístico. Por dichas características es que las actividades que la recreación pasiva propone son las más adecuadas para estos ecosistemas, ya que buscan la armonía y el equilibrio entre lo natural y lo antrópico. Por otra parte, las actividades que propone la recreación activa en estos ecosistemas frágiles visual y ecológicamente, deben ser gestionadas de la mejor manera posible.

Conclusiones

Considerando las cualidades mencionadas en la investigación, la valoración de los humedales debe ser gestionada desde un enfoque integral y multidisciplinar, con el uso de herramientas e instrumentos de planeación y de política pública, incluyendo también técnicas de participación social. Se espera que la propuesta metodológica, así como los resultados expuestos de su caracterización, valoración y vocación de uso, permitan en un futuro su reconocimiento como patrimonio natural del municipio y de esta manera conducir al uso racional de estos ambientes.

Es importante, además, estructurar y desarrollar actividades para un manejo ambiental sostenible de estos ecosistemas; así como articular la estructura ecológica principal (el río Negro y sus tributarios) con las áreas de interés analizadas en esta investigación. Desconocer e ignorar la importancia del río Negro y de los humedales ubicados en su llanura de inundación, entendiéndolos como dos sistemas separados, es condenar a una pena de muerte todas las dinámicas ambientales de estos ecosistemas, de igual manera, un atropello a la historia e identidad del municipio y a sus habitantes.

Los humedales y sus paisajes, aunque son frágiles y vulnerables ante las actividades antrópicas, son resilientes y con una alta capacidad de regeneración, esto quiere decir que los ecosistemas son capaces de volver a un estado de equilibrio natural después de una alteración. Estos procesos pueden ser muy lentos de manera natural, no obstante, se podrían catalizar con el apoyo de diferentes áreas del conocimiento, las cuales no solamente están ligadas al componente biológico.

La integración de los análisis paisajísticos de percepción visual y espacial realizados para comprender las dinámicas naturales, físicoespaciales y socioculturales, permite obtener información esencial para la toma de decisiones, fundamentadas desde el punto de vista científico y académico. Esta articulación, conjuga el conocimiento de la estructura, funcionamiento y servicios ecosistémicos que ofrecen estos paisajes, con las diferentes presiones antrópicas, relación uso-vocación y las políticas de gestión adoptadas.

Desde la disciplina del paisaje, la fragilidad de los humedales no se reduce solo a su vulnerabilidad visual, sino que considera la capacidad de estos ambientes para acoger las transformaciones generadas con las actividades antrópicas. Esto teniendo en cuenta que el uso de un territorio y de sus recursos, tanto naturales como visuales, siempre llevará a modificaciones de hábitat y por lo tanto del paisaje.

La capacidad de los humedales de adaptarse a los cambios y condiciones dinámicas será crucial para los seres humanos y las especies silvestres a medida que las consecuencias del cambio climático sean más notorias y peligrosas. Esto nos lleva a pensar que lo más importante no es preservar el paisaje, sino defender los valores paisajísticos de los humedales de Rionegro, entendiendo que el paisaje y la naturaleza son dinámicos, versátiles y mutables.

Referencias

- Guía Metodológica Estudio del Paisaje Generalitat Valenciana. (2012). *Guía Metodológica Estudio del Paisaje Generalitat Valenciana*. Valencia, España: Guía Metodológica Estudio del Paisaje Generalitat Valenciana.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (20 de 10 de 2017). *Decreto 565 de 2017*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=72263>
- Bureau of Land Management . (17 de 01 de 1986). *Manual 8431 - Visual Resource Contrast Rating*. Obtenido de https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/uploads/mediacenter_blmpolicymanual8400.pdf
- Busquets, J., & Cortina, A. (2008). *Gestión del paisaje. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje*. Barcelona, España: Ariel Patrimonio.
- European Landscape Convention. (2004). *Convenio Europeo del Paisaje*. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/planes-y-estrategias/desarrollo-territorial/090471228005d489_tcm30-421583.pdf.
- Jaramillo, Ú., Cortés, J., & Flórez, C. (2015). *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen I*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander.

- Junta de Andalucía . (2012). *Sistema de indicadores ambientales de la red de información ambiental de Andalucía*. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/404082/PA03_2012.pdf
- La Iniciativa Latinoamericana del Paisaje. (Agosto de 2012). *LA INICIATIVA LATINOAMERICANA DEL PAISAJE*. Obtenido de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0671043.pdf>
- Landscape Character Assessment. Guidance for England and Scotland. (1992). *Countryside Commission for Scotland*. Recuperado el 13 de 08 de 2020, de <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-02/Publication%202002%20-%20Landscape%20Character%20Assessment%20guidance%20for%20England%20and%20Scotland.pdf>
- Maderuelo, J. (1997). *El paisaje. Arte y naturaleza en Huesca*. La Val de Onsera.
- Nogué, J. (2007). *La construcción social del paisaje*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Quijano, M., Villabona, S., García, J., & Gómez, A. (2017). *Los humedales del Altiplano del Oriente Antioqueño y su conceptualización*. Rionegro, Antioquia: Fondo editorial Universidad Católica de Oriente.
- Soba Giordano, Á. (2011). *El Paisaje en la Ordenación del Territorio: conceptos e instrumentos para su consideración*. Montevideo.
- Swanwick, C. (2002). *Landscape Character Assessment: Guidance for England and Scotland: Prepared for the Countryside Agency and Scottish Natural Heritage by Carys Swanwick*. Countryside Agency. Maderuelo, J. (1997). *El paisaje. Arte y naturaleza en Huesca*. La Val de Onsera.



Capítulo 5

Paisaje en tránsito: un acercamiento a las transformaciones históricas de los humedales del sector de El Porvenir en Rionegro





▮ Paisaje en tránsito: un acercamiento a las transformaciones históricas de los humedales del sector de El Porvenir en Rionegro

Katerine Arcila Arbeláez^{1,2} Mario Alberto Quijano-Abril^{2,3}

Introducción

El crecimiento urbano es una de las tantas razones por las cuales el paisaje se ha transformado y ha dejado consecuencias notorias sobre la ecología de los ecosistemas. El caso de Rionegro y su constante expansión urbana a lo largo del territorio evidencia las presiones ejercidas históricamente a estos lugares que juegan un papel importante en la preservación biológica del entorno. Los impactos del crecimiento urbano se han reflejado en el deterioro y las transformaciones de ecosistemas como el río y los humedales, lugares que albergan una gran diversidad necesaria para el equilibrio natural. Por tal razón, los humedales y zonas de inundación del río Negro han formado parte del contexto de la sociedad desde su nacimiento y fundación hasta los proyectos actuales, enmarcados en la expansión urbana que ha modificado la ecología y biodiversidad asociada al territorio.

En el sector de El Porvenir, ubicado hacia la zona occidental del municipio, se encuentra la mayor densidad de humedales de Rionegro. Desde los primeros trazos y las primeras construcciones, el sector estaba entretrejiendo una relación con los humedales ubicados en sus inmediaciones. Los meandros del río que atraviesan lo que antes fueron zonas dedicadas a actividades agrícolas, ganaderas y lugares de paso hacia el centro del municipio, han sufrido una serie de modificaciones sistemáticas correspondientes a la presión ejercida por el crecimiento urbano y

1 Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Universidad de Antioquia.

2 Grupo de Investigación Estudios Florísticos, Herbario Universidad Católica de Oriente.

3 Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente

la extracción de minerales como arcilla y caolín. En consecuencia, el desarrollo y crecimiento de El Porvenir ha estado determinado por la zona de inundación del río que ha narrado una historia sobre la relación económica y social con los ecosistemas de agua, el río y los humedales.

Según el contexto anterior, y con la intención de abordar la relación establecida entre los habitantes del municipio de Rionegro y los humedales, desde un acercamiento histórico y partiendo del caso específico del sector de El Porvenir, cabe preguntarse ¿cómo la construcción y desarrollo de esta zona del municipio evidencia las transformaciones antrópicas de los humedales de Rionegro?

Conforme al alcance de la investigación, es necesario establecer un análisis en retrospectiva y remontarse a los primeros asentamientos y evolución en el poblamiento de lo que hoy se considera como la jurisdicción de Rionegro. Con lo anterior, se buscará entender los procesos históricos de largo alcance que han contribuido a la transformación del paisaje. El interés de la investigación se enfoca en el periodo de 1960-1980, época que estuvo atravesada por los proyectos y labores que profundizaron dichos cambios en los ecosistemas de forma más acelerada, incluyendo la construcción del barrio El Porvenir.

La investigación se hace desde un acercamiento de tres momentos que fueron claves en las transformaciones del río y los humedales. En primer lugar, se realiza una aproximación a la importancia del río como arteria que articula y construye la vida de Rionegro, desde su función como vía de acceso que permitía generar comercio entre zonas cercanas, pasando por elementos económicos, sociales, culturales y simbólicos. El río permite narrar las dinámicas del territorio generadas por la minería de aluvión, así como las actividades cotidianas de subsistencia y de encuentro entre comunidades. En segundo lugar, se aborda las décadas del sesenta y del setenta como periodos que determinan mayor intervención del río y los humedales con el advenimiento de grandes procesos industriales, crecimiento urbano, la construcción del barrio El Porvenir y proyectos de carácter nacional que cambiaron la morfología del río y de sus meandros.

Por último, la década de los ochenta enmarca una expansión de la frontera urbana, construcción de vías, extracción de materiales referentes a caolín y arcilla en las vegas del río del barrio El Porvenir, propiciando las condiciones para que posteriormente surgieran los humedales, conocidos actualmente como El Llanito, Madre Vieja y Lotus, siendo estos algunos de los ecosistemas "emergentes" que surgen a raíz de la extracción mineral.

En épocas invernales, el río se manifestaba y advertía sobre su capacidad de inundar zonas que no habían respetado su comportamiento natural, señales que no tuvieron suficiente atención por parte de las instituciones gubernamentales y planeación cuando fue construido el barrio El Porvenir. Sin embargo, esta postura contrasta con la de algunos habitantes que expresaron su constante preocupación

en la prensa local, siendo frecuente encontrar voces que denunciaban las consecuencias de la construcción del aeropuerto José María Córdoba, como uno de los grandes daños ecológicos del río y sus bordes de inundación. En el transcurrir de esta década, algunas voces reclaman reorientar la mirada al río. La preocupación tomó notoriedad por parte de la institucionalidad, que emprendió estudios alusivos a las condiciones del río y el fomento de programas para su recuperación. En este sentido, desde planeación de Antioquia ya había propósitos claros, como el de tomar el río como “ordenador del área urbana del municipio” (Martínez, 2011, p. 8)

Los periódicos *El Rionegrero* y *La Nueva Mañana* fueron medios que permitieron expresar el sentimiento de desazón sobre los cambios del río y sus llanuras. Varias páginas fueron dedicadas como denuncia contenida de nostalgia sobre las transformaciones de los meandros, del cambio del color del río y el deseo profundo de recobrar su cauce como vía que configura el territorio del municipio. “El río entonces cambió de color y ya no era el oscuro poético que encantó al descubridor Ibero, sino el rojizo que ponía al descubierto el crimen ecológico” (Tobón, 1987, pp. 11).

En la actualidad no se cuenta con estudios históricos que indiquen la incidencia del desarrollo y el progreso del municipio de Rionegro en relación con el deterioro del río y los humedales del barrio El Porvenir. La ausencia de reflexiones en torno a las transformaciones efectuadas como consecuencia de proyectos e imaginarios que no consideran la geografía, morfología del valle y su abundancia hídrica, han provocado perjuicios, algunos de ellos de carácter irreversible. El Porvenir y los humedales que lo conforman, son la evidencia de las relaciones históricas de los habitantes con su entorno y los presentes efectos sobre la planificación y modelos de urbanización, por tal razón, esta investigación abre nuevas formas de interpretar procesos históricos de Rionegro, acogiendo al río y los humedales como objetos de estudio que pueden ser analizados de manera metódica.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación, se recurrió a un marco metodológico basado en la recopilación de fuentes documentales, análisis cartográficos y entrevistas que comprenden el periodo de 1960-1980, incluyendo algunas fuentes de periodos anteriores como marco de referencia temporal. A través de algunas descripciones de viajeros, visitantes y personajes letrados de la región, que dedicaban sus versos a la belleza del lugar, se logró recrear el imaginario y percepciones que fueron construyendo la idea de Rionegro durante los siglos XIX y XX. Asimismo, la cartografía facilitada por parte de la oficina de Catastro de Rionegro y mapas extraídos de estudios sobre el crecimiento urbano del municipio favorecieron el

análisis de la evolución de los cambios en el uso del suelo y el paisaje en general. Por su parte, la prensa otorgó la posibilidad de observar las inconformidades y preocupaciones manifestadas por algunos habitantes sobre las condiciones del río y su deterioro, permitiendo vislumbrar la idea en común que reclamaba reorientar la atención al río.

Búsqueda de bibliografía y fuentes primarias

En principio se hizo una revisión detallada de documentos referentes a la historia de Rionegro y el barrio El Porvenir. Luego se acudió a los archivos institucionales ubicados en el Archivo de la Casa de la Convención (ACCR), la oficina de Catastro, la Biblioteca Pública de Rionegro, la sala patrimonial de la Universidad de Antioquia y otros espacios que enriquecieron la investigación.

Análisis de cartografía

Posteriormente, se exploraron y agruparon algunos mapas digitales de la plataforma del modelo geográfico de Rionegro (MGEORIO) y Google Earth, donde pueden observarse y analizarse las características físicas de los terrenos y los paisajes. Esto permitió examinar los cambios que ha sufrido el río y las zonas de inundación acordes a los proyectos efectuados durante las décadas del sesenta y del ochenta. Asimismo, se pudo corroborar el origen de data reciente de los humedales o espejos de agua del barrio El Porvenir.

Entrevistas

A través de algunas entrevistas no estructuradas y enfocadas en conversaciones con personajes con conocimiento de la historia del municipio, se obtuvieron datos e información específica sobre la construcción del barrio El Porvenir. La naturaleza de las entrevistas no estructuradas se rige más desde la conversación que desde una serie de preguntas categorizadas.

Elaboración de fichas bibliográficas

Como método de organización se utilizó el fichaje de información con su respectiva referencia. Este consistió en distinguir y seleccionar los datos e indagaciones relevantes para proceder al análisis y posterior ejercicio de escritura.

Resultados

Memorias del río: un reflejo de la relación tejida entre la sociedad y el río

El río Negro y su geografía del agua que atraviesa el valle de San Nicolás, ha otorgado las condiciones necesarias para el establecimiento de poblados durante el periodo colonial. En su paso por la planicie donde hoy se ubica Rionegro, fueron naciendo las primeras comunidades orientadas por la búsqueda de recursos auríferos en torno a los abundantes y ricos aluviones de oro (INER, 1990). (Figura 1). Aquellos primeros exploradores hispanos se vieron atraídos por los afluentes y el río, tanto que poco después del descubrimiento del Porce, los españoles emprendieron la búsqueda para elaborar minas de oro en los valles de la Mosca y de San Nicolás. Luego se dieron a la tarea de establecer un Real de Minas que permaneció bastante tiempo en el punto ocupado hoy por la población (SEDUCA, 1985). Así, El valle de San Nicolás apareció como una posibilidad para el asentamiento y configuración de un lugar promisorio para explotación minera. Su posición geográfica estratégica para el comercio, cercanía al Valle de Aburrá y abundancia de recursos, sumaron elementos para propiciar el cimiento de las primeras construcciones. Por tanto, “la fama de su oro se extendió rápidamente y otros mineros llegaron después y entonces nuevos y mejores ranchos se levantaron en las orillas del río” (Tobón, 2011, pp. 28). Es así como el oro alimentaba entonces un contexto definido por la ambición que perseguían aquellos conquistadores de la época. Según el registro de la Caja Real de Santafé de Antioquia, se demuestra que entre 1623 y 1624 se realizaron las primeras explotaciones en Rionegro, y que para 1625 Guarne y la quebrada de La Mosca ya estaban en producción (West, 1952). “La gente iba llegando de todas partes, atraídas por el oro que casi afloraba en sus vegas y que brillaban en las arenas de sus quebradas” (Tobón, 2011, pp. 28).

En el contexto del surgimiento a partir de la minería y las riberas del río, hay una relación que empezó a tejerse directamente con sus cauces, por lo que habitar el Valle y las llanuras del río era permanecer bajo el influjo de sus meandros. Sus condiciones geomorfológicas y abundancia en agua fueron asimismo elementos que impulsaron el surgimiento de la vida en el lugar. Su pasado ha incluido miradas y percepciones que han abordado al río como arteria que articula las poblaciones aledañas y que ha jugado un papel protagónico en el desarrollo del comercio, la economía y la cultura de la región. Dadas las condiciones de su amplio cauce, la navegabilidad del río permitió el movimiento de balsas y embarcaciones menores posibilitando así un intercambio comercial alrededor de sus vegas en el periodo Colonial. Impedir la navegación era objeto de denuncia, así lo demuestra un expediente dictado en Rionegro en 1884: “En el juicio que seguimos con el Doctor José María Jaramillo H, sobre unos alambres que atravesó en el Rionegro por medio de los cuales ha embarazado y perturbado la navegación

a flote que por medio de las balsas se ha hecho siempre en el mencionado río” (Archivo Histórico de Rionegro, 1884, pp. 223r-224r)). Su lecho ha sido surtido por importantes afluentes, como los riachuelos Hato, San Antonio, Cimarronas y los ríos Pereira, el Tablazo, Tablacito, Canalón hondo, La Bolsa, Malpaso, Mosca y la Porquera (Uribe Ángel, 1985).

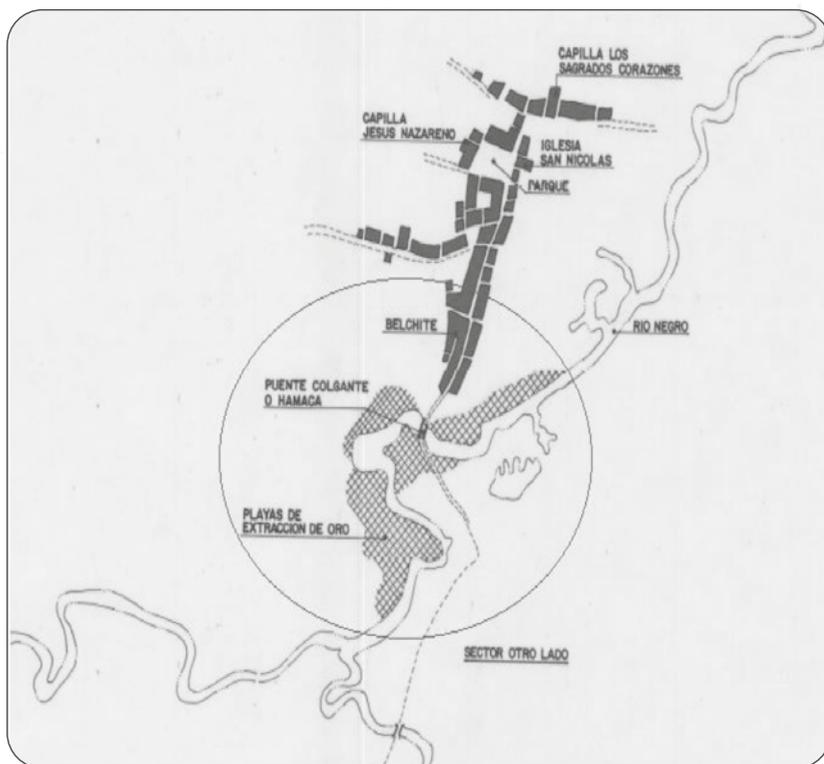


Figura 1. Trama urbana antes de 1800.

Fuente: oficina de catastro, Rionegro, Antioquia.

El desarrollo y expansión de Rionegro surge en las inmediaciones donde hoy se ubica el puente Mejía. Aquella área rica en oro determinó la construcción de los poblados hacia el occidente del río. En la Figura 1, se puede observar un mapa anterior a 1800, sin tener certeza del año exacto. En esta, es posible examinar el tejido urbano de la época, las playas de extracción de oro ubicadas en las llanuras del río, un gran lago y estriaciones perpendiculares al río que se extienden como brazos. En complemento, en la figura 2 se logra percibir la presencia de los primeros ranchos y construcción de caminos en las cercanías al río, al tiempo que evidencia la humedad del lugar y la existencia de pantanos que eran característicos de la zona de inundación del río. A su vez se demuestra que la vegetación que acompañaba el transcurrir del río era abundante.

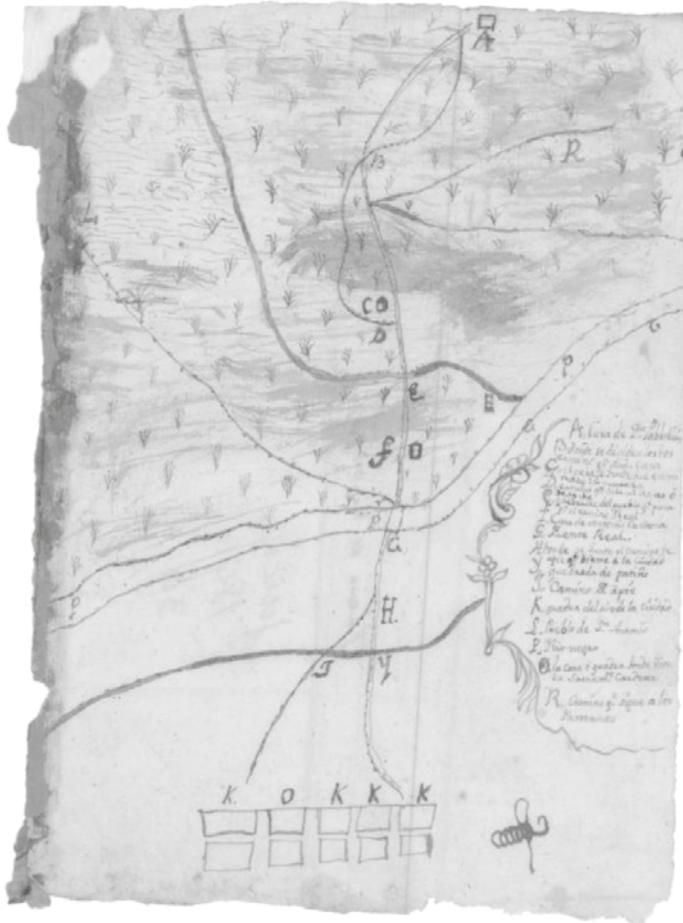


Figura 2. Plano de algunas casas y pantanos de Rionegro, 1806, en Biblioteca Luis Ángel Arango, Biblioteca Virtual, Ref. H396. A. Casa de Don Pablo Ruiz, B. Donde se dividen los dos caminos para dicha casa, C. El paraje donde fue encontrada la (no hay claridad sobre la palabra), D. Caminos que salen al llano o al desecho, E. Quebrada del pueblo que pasa por el camino real, F. Casa de Antonio Cardona, S. Puente Real. H. Donde se junta el camino de a pie que viene a la ciudad, Y. Quebrada, J. Camino de José, K. Cuadra del alto de la ciudad, L. Pueblo de San Antonio, P. Río-Negro, O. La casa o cuadra donde vive Sacramento Cardona, R. Camino que sigue a los pantanos.

Relatos y descripciones decimonónicas, permitieron el acercamiento y la recreación de imágenes acerca de las cotidianidades que se desarrollaban en torno al río. Entre ellas, actividades de subsistencia, minería, recreo y relación constante a sus orillas entre las comunidades del lugar. Estas relaciones se irían transformando gradualmente, pero es durante el siglo XX, con el advenimiento de otras prácticas y representaciones sociales, es que el río empieza a sustentar otras dinámicas que influirían aún más en su deterioro.

En las siguientes imágenes (Figuras 3 y 4), se pueden determinar las dinámicas que todavía permanecían en torno al río y la cercanía que la comunidad tenía con este afluente en la cotidianidad de sus días. No se estableció la fecha concreta de estas fotografías, no obstante, se presume, puede ser entre las décadas del sesenta y del setenta, esto teniendo en cuenta la temporalidad que enmarca la mayoría de fotografías de uno de sus autores, Gabriel Carvajal; asimismo, las construcciones que estuvieron cerca al puente Mejía.

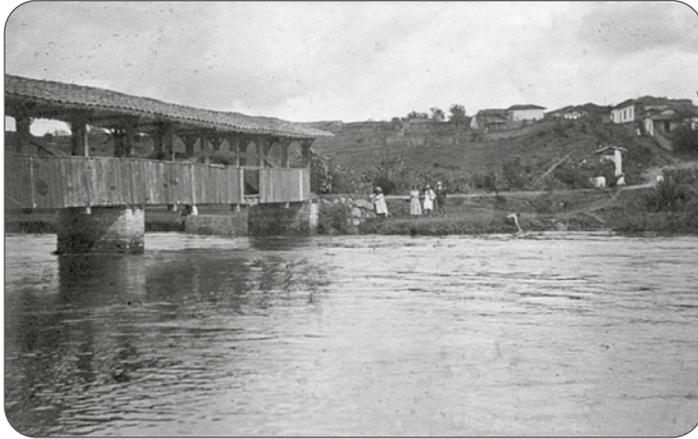


Figura 3. Cotidianidad del río Rionegro, década del veinte.

Fuente: Wordpress, 2011.

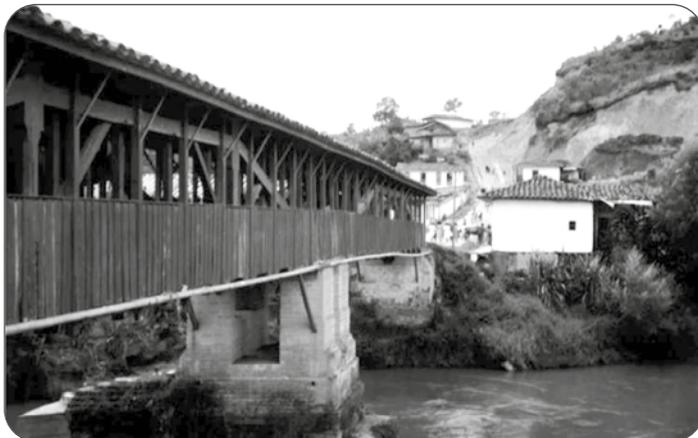


Figura 4. Casas aledañas al Puente Mejía.

Fuente: (Gabriel Carvajal Pérez, s.f.).

Acorde con su naturaleza de cambio y desarrollo, el auge de la minería de oro estuvo seguida por una disminución en su extracción. Durante el siglo XX las vegas del río ya no conservaban la misma recurrencia por personas con la esperanza de encontrar aquel metal precioso, “corrió el tiempo; había sobra de mineros y ya el oro no se dejaba ver en la arena de las playas” (Tobón, 2011, pp. 29), sin embargo, esto no supuso su desaparición. Fue brotando otro tipo de minería de extracción que incluía nuevas técnicas y con ello nuevas formas de intervención a los ecosistemas. La minería fue variando sus procesos de extracción, pasando por métodos artesanales hasta llegar a las técnicas actuales de separación por mercurio. A pesar de que las condiciones fisicoquímicas evidencian escenarios ambientales aceptables, en el estudio realizado en el río Negro, las altas concentraciones de algunos metales representan un factor de deterioro de la calidad del agua muy significativo y constituyen un grave riesgo para la biota del lugar (Posada, M. & Palacio, 1998).

Las presiones al río fueron aumentando, la minería había constituido la manera más directa de impactar las condiciones hidrológicas del río con la introducción de nuevos procesos extractivos. Para este tiempo de mediados del siglo, la actividad de minería de oro apenas se asomaba a las orillas del río Negro, donde se presume todavía había personas que se acercaban con su batea en busca de algunos fragmentos dorados depositados por el cauce, según lo relata Gonzalo Martínez, historiador de Rionegro.

Con el devenir de los tiempos, la relación con el río iría modificándose gracias a los inevitables cambios que empezaban a notarse a raíz de la introducción de nuevas ideas, las cuales estaban atravesadas por el propósito del progreso en el transcurso del siglo XX. En la década del cuarenta se continúa reproduciendo en el imaginario la idea de Rionegro como un sitio de ideal establecimiento. En este periodo se vive un apogeo en la migración de algunos habitantes de la élite de Medellín, que venían buscando un lugar de reposo. El gran crecimiento de jardines y la amabilidad de su clima inspiró y fascinó a la gente de la capital. El río continuaba siendo un sitio de gran acogida, algunos solo venían a pasear a las orillas de los riachuelos, así como lo menciona Clemente López en sus narraciones sobre la historia de Rionegro: “el clima benigno y las trojes siempre repletas, espantan de allí a la muerte y la alegría del vivir palpita en esos ribazos del Pereira (un río) y colinas del Tablazo” (López, 1968, pp. 68).

La migración de las élites traía consigo algunos cambios, no solo en las mentalidades acerca del sitio de recreo que se estaba instaurando, sino en el cambio en el paisaje y el uso del suelo que fue generando la introducción de algunas especies exóticas para la siembra en las cuencas hidrográficas. Fue en las décadas del veinte y del treinta que varias ciudades principales del país iniciaron programas de siembra encaminados a la protección de los bordes del río y los humedales (Tobón, 2011).

El paisaje de Rionegro para ese entonces se componía de grandes maizales, helechales y los sauces prominentes que bordeaban el río, sin embargo, la llegada de personajes pertenecientes a la élite cercanas al Tablazo, fue abriendo un largo camino de siembra de pinos y eucaliptos. Así lo relata Ernesto Tobón, quien sostiene que para las primeras décadas del siglo XX no se conocía en Rionegro lo que él nombró como bosques artificiales. La admiración por lo extranjero, por lo que no es propio del territorio, iba tomando fuerza con la transformación de la vegetación y el paisaje. El valle de San Nicolás se recreaba desde la añoranza y encanto que constituían su entorno, acompañado de "numerosos arroyos y por un riachuelo murmurante y cristalino, cuyo arenoso fondo, fértiles vegas y caprichosas vueltas, hacen del paisaje uno de las más poéticos, agradables y graciosos de todo el Estado" (SEDUCA, 1985).

Lo anterior consistió en un breve acercamiento a la relación de los pobladores con el río, sus vegas y la explotación minera como eje transversal de transformación, aquellas dinámicas dejan en evidencia los cambios ocasionados a los ecosistemas desde el periodo temprano a las primeras fundaciones cercanas al río. Los primeros siglos estuvieron marcados por una relación social, económica y simbólica con aquellos afluentes, en tanto que se continúa reproduciendo en el imaginario la belleza contenida de este Valle, y es que "uno de los agrados de Rionegro son los paseos por los caminos comunales, por los senderos campestres, bordeados de extraordinaria variedad de árboles y plantas silvestres; ¡Ese aire ligero, ese aliento perfumado de Rionegro, que una vez sentido no se olvida nunca!" (Sanín & García). Las grandes transformaciones al paisaje y los ecosistemas estratégicos como los humedales se intensifican durante el siglo XX, periodo en que se difunde un proceso de modernización y urbanización en el territorio de Rionegro.

Transformaciones silenciosas: la rectificación del río y sus meandros

Durante el transcurso del siglo XX, la producción agrícola y ganadera conservaba el ejercicio comercial heredado del siglo XIX. Sin embargo, durante este periodo las actividades productivas fueron perdiendo protagonismo con el desarrollo agrícola e industrial del municipio de Sonsón, lo que condujo a unos cambios significativos a la economía de Rionegro (INER, 1990). Darle paso al progreso, a la industrialización y a nuevos procesos de producción, fueron fenómenos que empezaron a suceder en la década del sesenta, con la instalación de varias industrias en el área de Rionegro. Siendo significativo mencionar: Textiles Córdoba, Riotex, Compañía Nacional de Chocolates, Imusa, Pepalfa, Cerámica Devita, Textiles Rionegro, entre otras (INER, 1990).

Desde entonces, Rionegro se había convertido en un lugar de interés de diferentes planes de desarrollo. A partir del primer Plan Regional de Desarrollo para el Oriente antioqueño (1963-1970) (Instituto Colombiano de Planeación Integral, 1963), formulado por el Instituto Colombiano de Planeación Integral, y la corporación Social de Desarrollo y Bienestar, se buscaba fomentar un crecimiento ordenado del

territorio y calidad de vida para sus pobladores, siendo el factor económico y social aspectos de mayor preocupación por parte de las autoridades. Partiendo de las propuestas de la entidad y el Plan Regulador Básico de Rionegro (Departamento de Planeación y Proyectos, 1968), el río y sus llanuras de inundación, cambiarían su forma en algunos tramos. En este orden de ideas, el cauce del río es modificado en ciertos tramos, especialmente a un costado, donde actualmente se encuentran el estadio y la zona industrial del sector Autolarte (Figura 5).



Figura 5. Fotografía aérea. 1967 / Fotografía aérea. 2020

Fuente: (MGEORIO).

A la par del plan regional y los inicios de un crecimiento urbano, la industrialización que migra desde el Valle de Aburrá comenzó a manifestarse en la región. El propósito de su crecimiento era claro: "Traer la industrialización a Rionegro, buscar los capitales foráneos, abrir las puertas a todo cuanto sea adelanto moral y material" (Escobar, 1988', pp. 27), estas palabras fueron emitidas por parte de un miembro del Concejo Municipal en la década del sesenta, que iniciaba con una gran promoción en lo que sería el nacimiento y desarrollo de la industrialización a gran escala para Rionegro.

Contiguo al desarrollo industrial, la migración de empresas y personas que laboraran en ellas, llegó la fiebre de las construcciones y por lo tanto Rionegro requería de más viviendas. Se pusieron los ojos sobre el río y se comenzó a horadar sus entrañas para sacarle arena y materiales que se requerían (Tobón, 1987). Los efectos de aquella naciente industria y procesos urbanos fueron sometiendo cada vez más las transformaciones del paisaje y los ecosistemas. La figura 6 posibilita una observación al tramo del río en su paso por lo que fueron en otros tiempos sus llanuras de inundación, aparentemente se pueden percibir los indicios de una extracción de materiales de arena al borde del río, que en esta instancia obedecen al nombrado desarrollo urbano, al tiempo que da la facultad de observar el despliegue urbanístico para la década del setenta.



Figura 6. Tramos del río donde se realizaban explotaciones.

Fuente: (Carvajal, 1972).

Sobre el paisaje y sus evidentes transformaciones se ha reiterado en lo recorrido del texto, ahora bien, no podría hablarse de sus cambios sin nombrar las alteraciones de la vegetación característica de la región.

El equilibrio de la vegetación se vio perturbado por la introducción y siembra de especies exóticas como pinos y eucaliptos. “La conveniencia de poblar las hoyas hidrográficas. Absorben con sus raíces mucha parte del agua cuando llueve, evitando así los arroyos impetuosos y las inundaciones, y devolviéndola después poco a poco a las corrientes” (Olano, 1927, pp. 154). Bajo esta premisa se inició y justificó la siembra de especies exóticas en las cuencas hidrográficas de la región. Cabe recordar que las primeras siembras con fines comerciales se dan en 1906 para Rionegro, según lo revela Ernesto Tobón, develando la fascinación que ocasionaban los pinos y eucaliptos a la aristocracia que había decidido sembrar unos ejemplares en sus fincas del Tablazo (Tobón, 2011). La idea de sembrar especies exóticas tomó la fuerza suficiente, al punto que se fue difundiendo por todo el territorio. Simultáneamente se recreaba en el imaginario de las comunidades la idea de poblar sus fincas con especies que no eran propias de la región, por sus aparentes beneficios y la belleza que pronunciaba al paisaje.

En contraste, y según se nombra en los párrafos anteriores, no solo se desvían los meandros naturales del río y sus curvas habituales, asimismo se estaba transformando la vegetación del bosque ripario. “Por todo el centro del Valle se veía el verde-claro de los sauces llorones que iban bordeando las opulentas curvas del río” (Tobón, 2011). Ahora no eran los sauces los que acompañaban el transcurrir del río Negro, eran los pinos y eucaliptos reemplazando el paisaje y la ecología al borde del río y sus áreas de inundación. La Figura 7 concede el ejercicio de memoria en el cual se observa cómo los sauces circundan el río Negro, un paisaje que ahora supone una mayor dificultad de apreciar y recordar.



Figura 7. Río Negro.

Fuente: (Gil Ochoa, 1961).

Barrio El Porvenir: vivir y permanecer bajo el contexto del agua

La ubicación y las condiciones geográficas donde fue construido El Porvenir lo ha relacionado desde sus inicios al contexto del agua. El estar atravesado por el río Negro y la quebrada Malpaso, le confiere a este sector abundancia hídrica y presencia de humedales. Antes de que el barrio fuera una realidad y se pusieran en marcha las primeras construcciones, este lugar pertenecía a un individuo acaudalado de apellido Botero. En este sector las reses pastaban y permanecía en las temporadas de verano cuando era posible, comenta uno de los historiadores de Rionegro, Gonzalo Martínez¹. Por allí solo se podía transitar cuando el invierno daba tregua, dado que la humedad y el pantano colonizaban la zona, a tal punto que era imposible desplazarse al centro de la ciudad. En ese sentido ¿Cómo se fue transformando el paisaje de esta ronda hídrica, la cual posteriormente en algunos de sus sectores pasaría a formar parte del barrio El Porvenir?

A lo que el historiador responde: Desde finales del siglo XIX venía apareciendo en Rionegro la extracción de minerales como arcilla y caolín, debido, entre otras, a la necesidad de abastecimiento de materias primas para la producción de loza en el municipio de Caldas, Antioquia (Moreno, 2010). Con la extracción de materiales iba naciendo a la par otro tipo de impactos a la ecología del río y los humedales, su actividad se extendería a varios rincones de Rionegro hasta llegar al barrio El Porvenir. A pesar de su temprana explotación, este tipo de minería se convertiría en un asunto de gran interés con el despliegue urbanístico e industrial en la década del sesenta. Ahora bien, la explotación de materiales no fue el único perjuicio que recibió la ronda hídrica, paralelo a la actividad de extracción y la necesidad

¹ Información obtenida de entrevista personal.

de propiciar las condiciones adecuadas para erigir el barrio El Porvenir, las zonas de inundación del río fueron drenadas y posteriormente rellenadas con material de limo y escombros para hacer de este lugar un terreno estable y proceder con proyectos urbanísticos, fenómeno que continúa en la actualidad (Moreno, 2010).

Si bien es a partir de los años setenta, donde sus primeras etapas empiezan a colonizar el lugar húmedo y pantanoso, desde la planificación en los sesenta ya se venía pensando en la edificación de un barrio que albergara la gran afluencia de los pobladores que venían contiguos al proceso de industrialización. La construcción del barrio El Porvenir fue un factor que influyó en los procesos de transformación de las laderas del río y los ecosistemas de humedales. Los cimientos del proceso urbanístico fueron promovidos por el Instituto de Crédito Territorial (ICT), como estrategia para evitar la tugurización en Medellín, en el marco del auge industrial que vivía la región (CEHAP, 1996). Como estrategia para descentralizar Medellín y su alto flujo, fueron varios los barrios obreros construidos por empresas de renombre en municipios aledaños. Este es el caso de Rionegro, donde a pesar de que un estudio de demanda de vivienda en la década del sesenta, señalaba que el municipio solo requería de diez casas, el ICT desarrolló 2.500 viviendas, incluyendo una considerable cantidad de estas en el barrio El Porvenir (CEHAP, 1996).

La figura 8, permite percibir las primeras construcciones del barrio El Porvenir, donde aparentemente la minería apenas daba sus primeros pasos y no había socavado el lugar en gran medida. El advenimiento de la expansión urbana empezaba a tomar fuerza y a extender sus brazos por todo el territorio.



Figura 8. Área de Rionegro

Fuente: (Carvajal, 1973).

En el momento, no se tenía alguna concepción que enmarcara la importancia de la zona de inundación o humedales. De hecho, el concepto tal y como se conoce en la actualidad, en gran parte se debe al convenio de Ramsar, precisado para 1971, donde se propone: "la conservación y el uso racional de los humedales, mediante acciones locales, regionales y nacionales, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo" (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006, pp. 2).

Para entonces, apenas se les confiere una descripción y delimitación a estos espacios, dándole cierta importancia referente a su funcionalidad. Sin embargo, en el imaginario de la sociedad, en general todavía se heredaba una idea acerca de los humedales como algo que causaba perjuicios "los miasmas de los pantanos envenenan y matan" (SEDUCA, 1985, pp. 304). Al tiempo que se interponía en el propósito de desarrollo que la ciudad requería, por ello, según lo relata Uribe Ángel, la capa vegetal no es productiva sino a trechos, porque en algunos de ellos "el agua corre con dificultad y forma ciénagas y pantanos que imposibilitan toda labor" (SEDUCA, 1985, pp. 224).

Según el contexto anterior, la construcción del barrio en sí era un proyecto polémico dadas las circunstancias del terreno húmedo. El Instituto de Crédito Territorial (ITC) advirtió sobre el peligro de las construcciones proyectadas para la zona de El Porvenir, sosteniendo que "esta era una zona de inundación del río y que allí no se debía construir, y que si se iba a construir había que hacer un manejo muy especial del río y la zona" (Tobón, 2011, pp. 3). Seguida a esta inquietud, fueron varios personajes los que hicieron eco a través de la prensa por esta preocupación, que despertaba el establecimiento de un barrio en una zona que se inundaba en épocas invernales y era el sumidero de las aguas del río Negro (Tobón, 2011, pp. 15).

La prensa fue testigo de los perjuicios ocasionados al río y los humedales durante las décadas del setenta y del ochenta, asimismo las denuncias sobre las consecuencias de la construcción del aeropuerto José María Córdoba no se hicieron esperar. Este era considerado uno de los grandes daños ecológicos al río y su ronda hídrica. "Rionegro tuvo la desdicha de ser obligado a sacrificarse totalmente en su historia y su presente para darle paso al progreso, representado en este caso por las pistas de aterrizaje y las instalaciones aeroportuarias" (Tobón, 1981, pp. 11). En las Figuras 9 y 10, se observan los cambios producidos al paisaje y al suelo como resultado de la construcción del aeropuerto.



Figura 9. Aeropuerto José María Córdoba, 1980. BPP-F-016-0496.

Fuente: Tomada de la Biblioteca Pública Piloto de Medellín.



Figura 10. Aeropuerto José María Córdoba, 1980. BPP-F-016-0498.

Fuente: Tomada de la Biblioteca Pública Piloto de Medellín.

¿Cómo se relaciona la construcción de esta gran obra con el surgimiento de los humedales en el barrio El Porvenir? Después de construidas las primeras etapas urbanísticas, se iban sumando progresivamente más modificaciones a la superficie del suelo en el sector. La minería de materiales continuaba siendo el componente más influyente en la transformación de la superficie debido, principalmente, a la demanda que suponía la construcción del aeropuerto José María Córdoba, la cual inició a mediados de los setenta, así como otros proyectos de infraestructura que se venían concretando durante esta misma década.

En su mayoría, los elementos minerales extraídos se reducían al caolín y la arcilla. La acción reiterativa de excavar al borde del río Negro y la quebrada Malpaso seguían en incremento y fueron generando enormes cráteres o cavidades producto de la actividad minera. Finalmente, el conjunto de estas acciones, combinado con los periodos invernales que golpeaban fuertemente en los meses de abril y octubre, atiborraron de agua aquellas cavidades, dando por resultado el surgimiento de un sistema de humedales, algunos de los cuales se conservan en la actualidad. Muchos de estos humedales mantienen conexión con el río, ya sea de manera subterránea o superficial.

Es necesario la observación y entendimiento del comportamiento del río, de sus cauces y vegas que han constituido el pasado y la historia en sí misma del municipio. Al mismo tiempo que posibilitan un acercamiento familiar a los humedales o espejos de agua "construidos" que conforman el paisaje del barrio El Porvenir. A partir de entonces, diversas miradas y opiniones han atravesado a los "recientes" humedales por parte de la comunidad; en el transcurrir de las décadas del setenta y del ochenta. Estos espacios se reducían a la indiferencia por lo que su función no iba más allá de ser un sitio para desperdicios de contenido de humedad y contaminación.

A partir de entonces y hasta la actualidad, el barrio y sus habitantes han permanecido bajo el contexto del agua. Dice Vanessa, habitante del barrio y periodista que "A este barrio, también se le conoce por los días en que el río Negro y la Quebrada Malpaso, se han metido a las casas y han ocultado las calles". Relata cómo la inundación de abril del año 2011 sorprendió a los residentes, a tal punto que "tenían que abandonar sus casas para que pudiera entrar el agua" (Rojas, 2012, pp. 13). Indicando su constante probabilidad de inundarse, el barrio era conocido como "Barrio triste" por su oscuridad y su aspecto desolado (Rojas, 2012, pp. 13). Hasta ahora, se han evidenciado algunas posturas frente a las problemáticas ambientales que se han reflejado en el río y los humedales, algunas de ellas en oposición a las construcciones en zonas estratégicas de inundación como el barrio El Porvenir y el Aeropuerto José María Córdoba.

El deterioro del río y humedales se hacía evidente ante los ojos de la población, la indiferencia que había marcado hasta entonces el afán de progreso iría ocasionando una serie de preocupaciones a las autoridades gubernamentales y la sociedad en general. La llegada de la década de los ochenta aparece como un periodo donde se vuelve a dirigir la mirada al río y los humedales, algunas acciones se encaminaron a la proyección y recuperación del río como eje vertebral del territorio. Desde planeación de Antioquia se proponía para el río Negro "un tratamiento especial de sus aguas según los estudios y las condiciones que el río ha manifestado como ordenador del área urbana del municipio" (Martínez, 2011). Asimismo, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), propuso algunas disposiciones referentes a la "conservación del curso natural del río y sus zonas de expansión" prohibiendo a su vez las construcciones a 50 mts sobre cada lado de su cuenca (Martínez, 2011).

Durante la década del ochenta, algunas denuncias reclaman reorientar la mirada al río. La preocupación se hizo evidente por parte de la institucionalidad que emprendió estudios alusivos a las condiciones del río y el fomento de programas para su recuperación. Desde planeación de Antioquia ya existía el propósito claro de tomar el río como "ordenador del área urbana del municipio", tras el objetivo de buscar y exigir su protección, "una calidad especial de sus aguas y el acceso franco a gozar de sus cualidades ambientales, paisajísticas y recreacionales" (Martínez, 2011). Por su parte, Hidramsa realizó un estudio en 1997 acerca de la reglamentación de las llanuras de inundación del río Negro y la quebrada La Pereira, haciendo un detallado diagnóstico sobre las generalidades del río, análisis sobre sus meandros, usos del suelo y tenencia de la tierra.

Las recomendaciones del estudio tenían un efecto sobre la necesidad de evitar la expansión urbana hacia las llanuras de inundación, al tiempo que se le diera un tratamiento especial al río desde la preservación y recreación comunitaria (Hidramsa, 1997). Ambos estudios coinciden en la urgencia de recuperar el río Negro desde sus condiciones físicas y culturales, lo cual implicaba de nuevo volver la mirada al río desde la relación constante con sus cauces. Sin embargo, las dinámicas presentes para ese entonces sobre la imperante necesidad de urbanizar convirtieron de alguna manera en "ajenos" a los habitantes con respecto al comportamiento del río y sus zonas de inundación.

El paisaje de Rionegro ha fluctuado de tal manera que los habitantes que antes concebían aquellas zonas húmedas, fangosas e insalubres, ahora las toman como parte de su contexto social y cultural. Es así como estos "nuevos humedales" pasaron de ser el resultado de la minería de materiales a ser lugares de encuentro y esparcimiento, generando un vínculo entre la comunidad y el entorno natural.

Conclusiones

Las condiciones actuales del río y los humedales han demostrado en gran medida la relación histórica de los habitantes de Rionegro con sus ecosistemas más cercanos y representativos. Sin duda, sus transformaciones han sido la forma visible de aquellas relaciones, siendo el paisaje el resultado de las dinámicas e interacciones humanas con el entorno de manera directa o indirecta. Si bien, el río y los humedales del municipio narran un pasado que estuvo atravesado por actividades como la minería, procesos de industrialización y expansión de la frontera urbana. El caso de El Porvenir es una muestra de un paisaje en tránsito que cambia y se dinamiza en un periodo relativamente corto. Fue en cuestión de dos décadas que pasó de ser un lugar recorrido por las personas que transitaban del sector occidental hacia el centro del municipio, la zona en que el ganado pastaba en épocas en que las altas precipitaciones daban tregua, a un tiempo contrastado en el que río con su intenso caudal reclamaba sus llanuras de inundación sobre las calles del barrio ya construido.

El caso del Porvenir permite hacer lecturas sobre aquellas “tensiones” llevadas a cabo con el río y sus vegas, revelando un contexto generalizado que ha vivido el municipio y sus ecosistemas desde las acciones cometidas en la segunda mitad del siglo XX. La desviación del curso natural del río, la transformación de sus meandros y sus llanuras dieron como resultado la aparición de los ecosistemas de humedales o espejos de agua. No se puede desconocer que aquellas transformaciones se venían dando de manera sistemática desde la colonización. Donde el río pasó de ser la arteria y agente ordenador que articula el territorio, el lugar donde se daban las dinámicas cotidianas de subsistencia, actividades que evocaran el encuentro y cohesión cultural; a un espacio destinado para los desechos de los grandes proyectos desarrollados al borde de sus orillas. El abandono e indiferencia de aquellas vetas de sus bordes propiciaron la colonización de la naturaleza y eventual generación de nuevos espejos de agua.

No es exagerado pensar en la idea de volver la mirada al río y los humedales como ordenadores del territorio, ya varios estudios e investigaciones han sugerido unos cambios necesarios en las consideraciones acerca del cuidado de estos. La representación con la que ha cargado el río se acerca a una apreciación de un elemento que fragmenta el territorio y el cual es necesario transformar y desviar para una adecuada planeación de la región. Es apremiante elaborar un sentido de apropiación sobre los ecosistemas y la tensión construida históricamente entre la naturaleza y la sociedad, pensado desde un contexto social que se mueve en torno a la naturaleza y su correlación constante, todo aquello justificado en la búsqueda de encontrar razones socioambientales para su cuidado y conservación.

Referencias

- Baldomero Sanín, Laureano García (1955). *Discurso de recepción por Baldomero Sanín Cano y Respuesta por Laureano García Ortiz*, 711. Universidad Nacional de Colombia. Proyectos Temáticos Biblioteca Virtual Colombiana. Colección General. Presidencia de la República.
- Corporación Colegio de Villa de Leyva (CEHAP) (1996). *Estado sociedad y vivienda urbanismo y arquitectura de la vivienda estatal en Colombia, 1918-1990*, 15. Bogotá: INURBE.
- Departamento de Planeación y Proyectos (1968). *Rionegro: plan regulador básico*. Medellín: Departamento de Planeación y Proyectos.
- Escobar, Camilo (1988). Estudio introductorio a la vida social de Rionegro 1950-1985. Un ensayo de historia de las mentalidades, 27. Medellín: Instituto de integración Cultural Quirama.
- Hidramsá (1997). Estudio y reglamentación de las llanuras de inundación del Río Negro y la quebrada La Pereira (Estudio geológico y geomorfológico realizado para Cornare y el municipio de Rionegro), 172.
- Impedimento de balsas Río Negro, 1884: Archivo Histórico de Rionegro, Gobierno, caja 255, carpeta 6, ff. 223r-224r.
- Instituto Colombiano de Planeación Integral (1963). *Primer plan regional de desarrollo para el Oriente Antioqueño: 1963-1973*. Medellín: Instituto Colombiano de Planeación Integral.
- Instituto de Estudios Regionales (INER) (1990). Rionegro, 22. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Instituto de Estudios Regionales (INER) (1990). Rionegro, 46. Medellín: Universidad de Antioquia.
- López, Clemente (1968). *Rionegro; narraciones sobre su historia*, 68. Medellín: Editorial Granamérica.
- Martínez, Jesús Gonzalo (2011). *El Río Negro no es un pintado en la pared*, 8, 5. Rionegro, Antioquia: El Portón.
- Moreno, Daniel (2010). *Investigación para la creación de un portafolio de nuevos productos para optimizar el desarrollo comercial, industrial y artesanal del municipio de El Carmen de Viboral*, 52. Medellín: Universidad EAFIT.

- Olano, Ricardo (1927). Plantaciones de bosques en Antioquia, *Revista Progreso*, No. 10, p. 154.
- Posada, M. & Palacio, J. (1998). Características fisicoquímicas y contaminación por metales pesados en el río Negro, 78. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*.
- Rojas García, Karol Vanessa (2012). *Los días por venir. Historias cotidianas*, 13. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Secretaría de la Convención de Ramsar (2006). *Manual de la Convención de Ramsar. Guía a la Convención sobre los Humedales*, 2. Irán: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- SEDUCA (1985). *Geografía general del estado de Antioquia en Colombia*, 222, 225, 207, 224. SEDUCA.
- Tobón, Ernesto (2011). *Crónicas de Rionegro*, 28, 29, 109, 110. Medellín, Antioquia: Colección Bicentenario de Antioquia, Memorias y Horizontes.
- Tobón, Jairo (1981). Les devolvemos el aeropuerto, 11. *El Rionegrero*. Rionegro.
- Tobón, Jairo (1987). Recuperemos nuestro río. *El Rionegrero*. Rionegro.
- Tobón, Jairo (2011). El rionegrero lanza su voz de alerta, 15. *El Rionegrero*. Rionegro.
- West, Robert (1952). *Colonial placer mining in Colombia*, 29. Baton Rouge: Louisiana State University Press.



Capítulo 6

Imaginar el territorio: aproximación a los humedales desde la perspectiva de los imaginarios urbanos





Imaginar el territorio: aproximación a los humedales desde la perspectiva de los imaginarios urbanos

Carlos Andrés Arango-Lopera¹, Daniela González-García²,
Daniel Ospina-Hurtado²

Introducción

En un texto ya clásico, García (1976) señala:

Uno de los problemas fundamentales en el estudio de cualquier relación sociocultural y, al mismo tiempo, de los más desatendidos en su verdadera significación antropológica, es el de la territorialidad. Su trascendencia radica en que el territorio es el sustrato espacial necesario de toda relación humana, y su problemática estriba en que el hombre nunca accede a ese sustrato directamente, sino a través de una elaboración significativa que en ningún caso está determinada por las supuestas condiciones físicas del territorio (p. 13).

De esta forma, quedó plasmado, en la temprana antropología del territorio, cómo surge lo complejo de la relación entre el territorio y sus habitantes. Aunque la apariencia pudiera sugerir que esta relación es meramente factual, la experiencia de todos los humanos sirve para ratificar que, además de las interacciones físicas, la vinculación con el territorio supone una mediación simbólica. Algo así como un entramado de significados sin los cuales no sería posible establecer una relación plena con esa otra dimensión física.

1 Facultad de Comunicación, Universidad de Medellín.

2 Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Católica de Oriente.

Tal vez una de las explicaciones más simples la ofreció poco más de veinte años después el antropólogo Manuel Delgado (1999), donde afirma que la ciudad, esa forma de territorialidad que ganó protagonismo conforme el avance de la modernidad, pudiera entenderse en dos dimensiones: *polis* y *urbs*. En la primera, se encuentran las calles, edificios y glorietas que dibujan el paisaje (físico); en la segunda se habla más de los modos de habitar y significar que los habitantes del territorio configuran a través de su interacción histórica.

En esa segunda dimensión, *urbs*, aparece una serie de factores cuya presencia se viene resaltando desde la antropología clásica, en trabajos como los de Levi Strauss (2012) o Mead (2012). Esa comprensión del espacio físico en dos dimensiones, se podría entender como una extensión de lo que la filosofía ya había hecho con el ser humano al pensarlo en términos de su cuerpo físico (soma) y su cuerpo abstracto, espiritual o mental (psique). Por tanto, se debe entender que, si los humanos que habitamos los territorios nos comportamos en, al menos, esas dos longitudes (la física y la mental), los espacios que usamos para el despliegue de nuestras necesidades también habrían de contener ambos registros: *polis* y *urbs*.

No sin ambigüedades, se ha denominado cultura a ese amplio espectro de formas de significar y encontrar sentido a la realidad vivida. Pese a lo complejo que resulta el tema, vale resaltar el aporte de Bauman (2010) al recordar que la cultura es una praxis (incluso: un abanico amplio que toman esas praxis, recogidas todas en la idea de la praxis social, la forma como lo social toma cuerpo). En una línea más semiótica, Vásquez-Rodríguez (2002) propone acotar la complejidad de la idea de cultura en la suma articulada de objetos, prácticas e imaginarios que caracterizan a un grupo social.

De tal forma, lo que Delgado entiende como *urbs*, recoge los objetos (cultura material: dispositivos, herramientas, adornos, útiles...), prácticas (rutinas, rituales, repertorios de acción...) e imaginarios (percepciones que configuran las cartografías mentales con las cuales los habitantes de un territorio lo representan para sí mismos).

Con todo, el estudio del territorio estaría incompleto si no se consideran esas expresiones simbólicas, culturales, abstractas, mentales y espirituales que constituyen el amplio espectro de la experiencia humana. En consecuencia, ninguna agrimensura del territorio estaría completa si no se consideran, por lo menos a manera de referencia, las particularidades del grupo humano que lo habita.

Desde ese punto de vista, este trabajo se aproxima a la temática de los humedales de Rionegro, en particular los que se encuentran en los sectores de El Llano, Los Llanitos y Lotus, desde la perspectiva de los imaginarios urbanos. Se entiende

que los imaginarios de los habitantes de la zona son importantes para efectos de estudiar cómo se sienten respecto a la existencia de los humedales, cómo los insertan en sus lógicas de vida cotidiana y qué horizontes de futuro alcanzan a concebir respecto a ellos.

Imaginarios urbanos

Una aproximación inicial por la etimología es conveniente para desentrañar los sentidos de un término que puede resultar ambiguo. Imagen viene del latín *imago*, que significa retrato, copia, imitación. La raíz indoeuropea *aim*, significa copiar, y está presente en palabras como emular e imitar. Así, imaginar sugiere hacer un retrato mental, imaginación sería la acción y efecto de ese retrato, e imaginario sería perteneciente a la imaginación. En este trabajo asumimos esa acepción, en tanto la imaginación es una de las formas (que son variadas) mediante las cuales los habitantes se relacionan con su territorio.

En efecto, los ciudadanos imaginan el lugar donde viven. No solo lo recorren día a día, lo usan, lo viven presencialmente; también lo imaginan. En las rutas para imaginarlo se define buena parte de lo que colectivamente se representa respecto a un territorio. Es así como se puede imaginar New York, Roma o Buenos Aires, sin siquiera haber pisado sus calles.

El imaginario se constituye por la suma (nunca lineal) de las percepciones individuales y colectivas que se tienen de un territorio. Esas imágenes se actualizan permanentemente: en los recorridos de los ciudadanos, en las representaciones de los medios, en las conversaciones cotidianas; incluso, en hitos que marcan la historia de las ciudades: El Bogotazo, que marca el imaginario bogotano; el narcotráfico, que formula la reciente historia de Medellín; las participaciones en eliminatorias mundiales, que marcan a Barranquilla.

Lo imaginario no compite con lo real. Pero para estudiar los imaginarios no hay que restringirse a lo que, objetivamente, se tiene de la realidad. De forma que la subjetividad y la intersubjetividad no son un ruido al momento de estudiar los imaginarios de los habitantes de un territorio. Por el contrario, esos mapas perceptivos suman en la comprensión de la relación entre habitantes y territorio, o, dicho de otra forma, la vinculación entre *polis* y *urbs*: "los imaginarios en sí forman parte de la subjetividad individual y colectiva, pero también asumimos que solo reflejan una parte de la misma" (Hiernaux, 2007)².

2 Hiernaux (2007) agrega: "Cabe aclarar que [...] los imaginarios atraviesan todas las esferas de la vida. En este sentido, afirmar que la subjetividad está exenta de imaginarios sería evidentemente un error conceptual" (p. 18).

De ahí que el imaginario debe ser "entendido [...] en términos sobre todo sociales [como] una manera compartida por grupos de personas de representarse mentalmente el espacio y el tiempo" (Baeza, 2000). Aquí lo social implica el encuentro de las subjetividades individuales en las subjetividades colectivas, por lo cual hay que pensar los imaginarios "como reflexión cultural [...] sobre las más diversas maneras en que las sociedades se representan a sí mismas en las ciudades y construyen sus modos de comunicación y sus códigos de comprensión de la vida urbana" (Gorelik, 2002).

Sin embargo, es cierto que la producción científica en el asunto de los imaginarios presenta una gran dispersión de los criterios acerca de qué es el imaginario y cómo podría cubrirse en términos de objeto de estudio. En otras palabras, la literatura publicada sobre él, muestra una tesitura bastante amplia en términos de qué constituye el objeto de estudio y cómo debe investigarse en términos metodológicos.

Esa complejidad está relacionada con los diversos orígenes que se rastrean en la arqueología del concepto. El interés por la imaginación como tesitura de lo humano cobra un nuevo interés a partir del Romanticismo (Mandoki, 2006; Wilkes, 2011). Antes, la filosofía moderna la había condenado al lugar de "la loca de la casa", como expresión de lo irracional e incomprensible que alcanza a desplegar la humanidad cuando se desplaza lejos del centro de gravedad que supondría el logos. Los denominados "maestros de la sospecha" propiciaron un golpe a la tradición antigua que pretendía ubicar a Dios en el centro de todas las cosas y como fuente de toda posible explicación. La tríada Kepler, Darwin y Freud ocasionaron un quiebre fundamental: situar la Tierra como un planeta más de los que gira alrededor del sol, identificar a la especie humana como una más de las que pueblan el planeta, y la psique humana como algo menos diáfano y lineal de lo que se pensaba, para hacer surgir una idea de psicología más atravesada por la oscuridad que suponen los traumas, las fijaciones y los complejos (Tarnas, 2008).

En suma, desplazar el interés del logos al imago, uno de los ejes de inspección de la filosofía romántica, y uno de los legados fundamentales de "los maestros de la sospecha", entregó un testimonio a las antropologías que le dieron lugar a la pregunta por lo imaginario. Así, (Bachelard, 1996, 2000) concibió la imaginación como una forma de conocimiento, Durand (2006) estudió las estructuras profundas de la psique colectiva, y Jung (2002) concibió los arquetipos psicológicos que condensan los esquemas de percepción humana.

Al recibir insumos de reflexiones tan profundas (que algunos académicos sintetizan como la "psicología de las profundidades") ocurrían al menos dos cosas. En primer lugar, se le daba cabida a la posibilidad de pensar lo humano más allá de la razón, el cálculo y lo instrumental. En segundo, de importantes consecuencias para este trabajo, se dejaba en la agenda de discusión una categoría compleja, densa y abstracta: lo imaginario.

En ese último sentido, vale destacar el esfuerzo de investigadores latinoamericanos por construir un corpus de conceptos y metodologías para el estudio de lo imaginario. Al ser un territorio atravesado por meridianos imaginarios tan diversos (lo indígena, lo afro, lo europeo), Latinoamérica se erige como una cuenca rica en expresiones urbanísticas, artísticas y sociales para estudiar lo imaginario: un laboratorio. De ahí que (Lindón, 2007c, 2008), (García-Canclini, 2000, 2004, 2012) y (Silva, 1997, 2005, 2006b, 2012), destacan como investigadores que, en medio de esa pléyade de fenómenos propios de lo latinoamericano, han configurado pautas metodológicas para el estudio de lo imaginario en nuestras ciudades.

De amplia trayectoria en los estudios de antropología urbana, García-Canclini ha generado una línea de trabajo en la que los imaginarios se asumen como representaciones colectivas que median la relación entre los ciudadanos y las ciudades: “las ciudades no se hacen solo para habitarlas, sino para viajar por ellas [de hecho tales travesías] son formas de apropiación del espacio urbano y lugares propicios para disparar imaginarios” (2006, pp. 109-110). Así, en su trabajo de 2010, (García-Canclini indaga en los imaginarios de la ciudad de México, donde pudo hallar el entrecruce entre la tradición católica, indígena y mediática, vertiente que genera, a su manera de ver, la arquitectura imaginaria de los habitantes de la capital (García-Canclini, 2010).

En entrevista con Alicia Lindón (la investigadora de la que se hablará a continuación), García-Canclini afirmó: “El imaginario no solo es representación simbólica de lo que ocurre, sino también es el lugar de elaboración de insatisfacciones, deseos, búsqueda de comunicación con los otros” (Lindón, 2007a). Ese lugar (imaginario, por supuesto) de elaboración, es un intrincado conjunto de flujos perceptivos, donde los ciudadanos acumulan sus experiencias empíricas en la ciudad, que entran en juego con esas otras representaciones que constantemente ponen en circulación los medios.

Por su parte, (Lindón, 2007c, 2008) ha abordado el tema de los imaginarios desde la perspectiva de la geografía humana. En su trabajo, el territorio de la ciudad surge como entretrejido por capas dinámicas de representaciones simbólicas: respecto a los imaginarios urbanos, “las percepciones se transforman en representaciones y estas, por un proceso simbólico, se constituyen en imaginarios” (Lindón, 2007b). Así, Lindón permite cuestionar el lugar de los medios masivos de comunicación en la transformación constante de ese imaginario, a lo cual hay que añadir el hecho inevitable de que las agendas mediáticas latinoamericanas están sumamente atravesadas por la lógica hegemónica del poder político.

De manera que el imaginario ciudadano es también un terreno en pugna, pues diversos poderes se pelean el territorio mental que suponen las percepciones ciudadanas. Por el contrario, el imaginario ciudadano es dinámico, y está constantemente trazando tácticas para escapar al breviarío informativo oficial. Desde allí, Lindón revisa los conjuntos cerrados, los parques temáticos y los amoblamientos públicos como espacios donde lo hegemónico y lo popular se encuentran, se tensionan y se modulan.

El caso de Armando Silva es de destacar. Entre los investigadores citados es el único que ha sistematizado su método de trabajo de los imaginarios urbanos (Silva, 2006a), lo cual le ha permitido liderar el proyecto "Ciudades Imaginadas", en el cual se articulan más de 25 ciudades, dentro de las cuales vale citar Barcelona, Bogotá, Sao Paulo, Quito y Pereira. Esta metodología reviste varias particularidades, cruciales para el diseño metodológico de este trabajo.

La obra de Silva comienza en 1986 con un estudio sobre el grafiti en Bogotá. Bajo la premisa de las paredes como la piel de la ciudad, este trabajo recupera la expresión ciudadana plasmada en las letras que los ciudadanos dejan en las calles; verdaderas inscripciones del sentir ciudadano que a menudo es ignorado por las fuentes oficiales de información. Siguiendo la estela de esa investigación, publicó el trabajo *Álbum de familia: la imagen de nosotros mismos* (Silva, 2012) donde analizó el álbum fotográfico familiar como archivo ciudadano, es decir, como repositorio de la memoria de los habitantes de la ciudad.

A partir de estos trabajos, Silva extendió la investigación de campo del trabajo sobre el grafiti, pero esta vez sobre un modelo triangular, tal como había procedido en el trabajo sobre el álbum familiar. En efecto, en esa investigación Silva había identificado que la estructura imaginaria del álbum se configura mediante tres elementos: lo representado en la fotografía, la fotografía misma, y el relato que, ante un visitante (real o imaginario), establecen las personas (generalmente mujeres: madres y abuelas) para narrar el contenido del álbum.

Esas tres categorías evolucionan para el estudio de la ciudad, y se convierten en: ciudad, ciudadanos y otredades. El planteo de Silva es que, para comprender la dinámica imaginaria de una ciudad, se deben recoger percepciones asociadas al territorio (en la primera), los habitantes del territorio (la segunda) y las fantasías, anhelos o afinidades que los ciudadanos construyen respecto a otras ciudades (la tercera). Tal modelo tríadico permite una fundamentación de la configuración de la imaginación en las ciudades. Lo que una ciudad es no se define únicamente en los mapas, la nomenclatura o las construcciones (esto es, *polis*); lo que las personas sienten, sueñan, anhelan, esconden, temen o envidian (*urbs*) también hace parte del entramado del territorio.

Además, Silva propone tres fases para la investigación sobre imaginarios urbanos. La primera es la encuesta ciudadana, que se diseña a partir de un cuestionario con más de 60 preguntas, estructuradas según las tres categorías (ciudad, ciudadanos, otredades). La segunda es el análisis de los archivos ciudadanos, aquellas bibliotecas que históricamente los ciudadanos crean para conservar sus recuerdos: prensa, cine, ropa, publicidad, fotografías personales, música, en colecciones públicas o privadas. La tercera es la intervención estética de la ciudad, a partir del concepto de "anti-imaginarios", donde artistas y creadores se reúnen para crear prensa, cine, ropa, publicidad o fotografía que revierte, controvierde, cuestiona, retuerce lo hallado en la primera y la segunda fase, es decir, en la encuesta ciudadana y el análisis de los archivos ciudadanos.

En conjunto, los trabajos de García-Canclini, Alicia Lindón y Armando Silva sirven como ejemplo de aproximaciones a lo imaginario en Latinoamérica que han dejado un legado útil para las ciencias sociales. Sin embargo, consideramos que el aporte de Silva es mucho más sistemático y contundente, dado que, como metodología, está publicado para replicarse en otras ciudades, experiencias y territorios. A esto último dedicamos el resto de este texto.

Materiales y métodos

Como se anunció, este trabajo sigue los postulados metodológicos de Silva (2006a), particularmente en lo referido a las fases de investigación, pues se aplica el análisis de archivo ciudadano (noticias relacionadas con los humedales) y la encuesta ciudadana. En el primer ítem se hizo análisis de contenido de 20 noticias publicadas por medios regionales entre 2017 y 2022. Se trata de contenidos informativos publicados por estos medios, y rescatados mediante motores de búsqueda abiertos bajo los criterios "humedales + Oriente antioqueño", "quebrada + Oriente antioqueño" 2 "inundación + Oriente antioqueño". El resultado en bruto obtenido se filtró, de acuerdo a la relevancia respecto al tema analizado: los humedales.

Se considera, acorde con Lindón (2007c) y Silva (2006b) que los medios informativos son cruciales en el asunto imaginario, al menos, por dos aspectos: su capacidad de incidencia en las agendas de conversación ciudadana y su evidente influencia en la percepción que del territorio configuran sus habitantes.

La siguiente tabla (Tabla 1) muestra la matriz de análisis, que incluye las siguientes variables: titular, fecha, medio de publicación, objeto de la noticia, llamado, consecuencias y voces del discurso. El titular presenta indicios imaginarios relevantes: las palabras clave, los enunciados de acción y el contexto geográfico de la noticia. La fecha sirve para mapear los eventos que revisten importancia para la ciudadanía. El medio de publicación se toma, para este caso, como un nomenclador de los agentes discursivos que generan noticia. El objeto de la noticia muestra el tema cubierto, y da pistas sobre la relación entre noticia y noticiabilidad, es decir, para revisar qué aspectos se consideran relevantes para estar al tanto de la actualidad regional. Llamado apela a la vinculación con la acción que establece (o no) cada pieza informativa. Las consecuencias recogen lo que, editorialmente, el medio prevé que puede desencadenar aquello que se informa. Finalmente, voces del discurso recoge quiénes son las fuentes informativas que el medio recoge para conformar el tejido informativo.

Tabla 1. Esquema de la matriz de análisis de medios

Titular	Enunciado	Fecha	Medio de publicación	Objeto de la noticia	Llamado	Consecuencias	Voces del discurso
---------	-----------	-------	----------------------	----------------------	---------	---------------	--------------------

En cuanto al segundo ítem, la encuesta ciudadana, se realizaron 46 encuestas a personas residentes en los Barrios El Llano, El Llanito, Lotus y alrededores. La encuesta contó con 35 preguntas, de las cuales 11 fueron abiertas y 24 cerradas. Siguiendo los postulados de Silva, se tuvo una muestra equivalente entre hombres (20) y mujeres (26), y las edades se repartieron de la manera más uniforme posible: 9 adolescentes (entre 12 y 18 años), 15 adultos jóvenes (entre 19 y 35), 15 adultos (entre 36 y 60) y 7 adultos mayores (entre 61 y 85).

El cuestionario tomaba entre 25 y 35 minutos de aplicación, por lo cual las personas encargadas de su realización recibieron una sensibilización sobre los imaginarios, y algunas pautas para el abordaje de los entrevistados: presentar el objetivo de la investigación, indicar el tiempo aproximado de desarrollo, precisar el uso anónimo de los datos, y resaltar el interés académico de la investigación, avalado por el sello institucional que, en la región, reviste la Universidad Católica de Oriente. Desde la fuente, todos los datos se capturaron de manera electrónica, para disminuir el riesgo de pérdida de información. El resultado de esta captura fue una matriz en bruto, que luego se depuró mediante la identificación de imaginarios.

Esto último es relevante. Las preguntas del cuestionario apuntan a lo perceptivo. Pese a que el diseño original contempla las tres categorías mencionadas antes (ciudad, ciudadanos y otredades), en este estudio se ignoró la última (otredades), pues el centro de interés estaba en la relación entre el territorio y sus habitantes desde el componente perceptivo. Silva (2006a), establece tres niveles de intensidad de una misma característica, y propone unos umbrales para definir cuándo algo es un imaginario. Así, para respuestas con 10% o menos, se entiende que lo señalado es una fantasmagoría (una aparición imaginaria aún débil, posiblemente en camino a su consolidación, o, por el contrario, a su disolución final). Respuestas entre 11 y 50%, se consideran imaginarios. Representaciones sobre el territorio que, si bien no son conscientes, aparecen como determinantes en la relación de los habitantes con el espacio que habitan. Finalmente, para respuestas entre 51% y más, se habla de emblemas: representaciones sociales propiamente dichas, que ya son conscientes, y que integran el conocimiento explícito y la relación de los ciudadanos con su entorno.

Ambas matrices se totalizaron con criterios diferentes. En la primera (el archivo ciudadano conformado por las noticias), no se tuvo en cuenta la frecuencia de aparición de cada variable; importó más, como se explicará a continuación, la significatividad de la noticia dentro del contexto informativo del Oriente.

En la segunda, y acorde a los umbrales (epifanías, imaginarios y emblemas) el análisis se dirigió a aquellos ítems que registraban en el rango de imaginarios (entre el 11 y el 50%). Sin embargo, en un par de casos particulares, cuando el resultado se mueve en la frontera (por ejemplo, un 52%), se señala la posible ambigüedad.

Resultados y discusión

Archivos ciudadanos: Oriente (se) in-forma

Como se dijo, los medios informativos propician agendas de conversación. Además, proponen estilos de vida y ratifican discursos. De ahí su importancia como archivo ciudadano, lo cual justifica su estudio como marco de referencia situacional para este trabajo. El Oriente antioqueño tiene una amplia trayectoria en medios locales impresos. Una fuerza importante la han tenido los medios comunitarios, con amplio arraigo en los ciudadanos, pero cuyos habituales problemas financieros dificultan la continuidad (De la Torre Espinosa, 2018). Sin embargo, en años recientes los medios digitales han ganado popularidad, lo cual no está desconectado del auge de dispositivos móviles de los habitantes del territorio (celulares, tabletas, computadores portátiles) que facilitan, sin duda, la viralidad de las noticias. Es el caso del portal MiOriente y DiariOriente que, por ser digitales, presentan una particularidad: permiten a la ciudadanía reportar sus fotografías, audios y videos para ser difundidos en sus redes. Los perfiles en redes de estos medios hablan de una audiencia creciente (Tabla 2).

Tabla 2. Seguidores en redes sociales de los medios de proveniencia de las noticias

Medio	Instagram	Twitter	Facebook	Sitio web
MiOriente	136.000	48.300	372.000	https://miOriente.com/
DiariOriente	47.300	10.800	243.000	https://diariOriente.com/

Titulares y enunciados

Las 20 noticias que componen el corpus de este archivo ciudadano (Tabla 3) evidencian roles narrativos bastante claros: la comunidad denuncia, las autoridades sancionan, las empresas contaminan, y la naturaleza causa desastres. Y casi podría decirse que eso que nos muestran los titulares traza la agenda imaginaria de este archivo ciudadano. Así, lo ambiental no aparece revelado en un aspecto positivo, como relación con la naturaleza o cuidado de la casa común: el eje narrativo se traza sobre la escasez: La Tierra como un entorno que provee unos recursos que

entran en pugna: las comunidades necesitan el agua y reclaman la calidad del aire; pero las empresas entorpecen ese cometido, mediante su contaminación, subrepticia, oculta, malintencionada. Un poco sin mucha capacidad de intervenir el asunto, las autoridades aparecen como insuficientes ante los vertimientos sin licencia de las empresas: es como si las empresas actuaran mediante la acción, lo factual, y las autoridades emitieran conceptos, decretos o, cuando más, sanciones.

Tabla 3. Fechas, titulares, enunciados y medios de publicación de las noticias analizadas

N.º	Fecha	Noticia – titular	Enunciado	Medio
1	5 agosto 2017	Vierten químicos a la quebrada La Pereira de Rionegro	Alguien (empresas) vierten químicos	MiOriente
2	25 septiembre 2017	#DenunciaCiudadana. Habitantes del barrio Los Llanos en el municipio de Rionegro, reportan la tala indiscriminada de guaduales	Comunidad reporta tala indiscriminada	DiariOriente
3	25 septiembre 2018	Oriente: líder en el estudio científico de los humedales urbanos	Oriente lidera investigación sobre humedales	MiOriente
4	27 septiembre 2018	Para evitar inundaciones, quebrada La Pereira de La Ceja será intervenida	Autoridades intervienen La Pereira	MiOriente
5	8 enero 2019	Vuelven a derramar detergentes en la quebrada La Pereira	Empresas vierten detergentes en La Pereira	MiOriente
6	12 febrero 2019	¡Los responsables de la contaminación de la quebrada La Pereira!	Empresas continúan contaminando la quebrada	MiOriente
7	23 abril 2019	¡No paran las inundaciones en Marinilla!	El agua se desborda	MiOriente
8	26 abril 2019	Basura en las alcantarillas: la principal razón de las inundaciones	Comunidad causa inundaciones	MiOriente

N.º	Fecha	Noticia – titular	Enunciado	Medio
9	23 octubre 2019	Preocupación en Rionegro por las consecuencias sobre el humedal de Lotus	Comunidad se preocupa por Lotus	DiariOriente
10	20 febrero 2020	Van seis empresas sancionadas por realizar vertimientos inadecuados a la quebrada La Pereira	Autoridades sancionan a empresarios	MiOriente
11	22 febrero 2020	Sancionan 6 empresas por contaminación en la quebrada La Pereira	Autoridades sancionan a empresarios	DiariOriente
12	7 abril 2020	Tras emergencia sanitaria, un grupo de venezolanos se habrían instalado en reserva natural de Rionegro	Venezolanos ocupan reserva natural	DiariOriente
13	8 marzo 2021	En Rionegro adelantan labores tras las constantes inundaciones en Vegas de La Calleja	Autoridades intervienen	MiOriente
14	19 marzo 2021	Tras fuertes lluvias, ciudadanos reportan inundaciones en varios sectores de La Ceja	Comunidad reporta inundaciones	MiOriente
15	17 mayo 2021	Aguacero de este domingo causó inundaciones en varios municipios del Oriente Antioqueño	Aguacero causa daños	DiariOriente
16	3 junio 2021	En afluentes hídricos de La Ceja hallaron colchones, madera, botellas y otros elementos	Comunidad maneja mal su basura	MiOriente
17	6 agosto 2021	Gracias a un convenio, la quebrada La Pereira será intervenida	Autoridades intervienen La Pereira	MiOriente
18	23 septiembre 2021	Comunidad reclama por afectaciones a humedales en Rionegro: autoridades responden:	Comunidad reclama a autoridades	MiOriente



Figura 2. Retroexcavadora sucumbe en medio de las aguas pantanosas del humedal.

Fuente: DiariOriente, 2022.

A menudo, las aguas se muestran problemáticas: inundan las calles de los municipios (noticias 15 a 20), arrastran máquinas de construcción (noticia 13). En resumen: la naturaleza es algo que se sale del control humano.

Agentes discursivos y reclamos

En síntesis, las voces que integran las noticias son las autoridades, mientras las empresas, la ciudadanía y los conjuntos residenciales no encuentran espacio. En cuanto a las autoridades, se destaca Cornare como autoridad ambiental (aparece en 9 noticias: #1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12 y 19) y representantes del poder ejecutivo (alcaldes de La Ceja, Rionegro y El Carmen de Viboral aparecen en 1 noticia: #17). Como autoridad académica, solo una vez aparece la Universidad Católica de Oriente, como protagonista del interés científico que representan los humedales (#3). La voz ciudadana aparece mediante las fotografías y videos suyos que los medios comparten, pero rara vez su voz y su testimonio es tomado como fuente (solo en tres ocasiones: #5, 14 y 16).

En ese entramado de voces e intereses, surgen los llamados que captan la redacción de las noticias. Los vertimientos indebidos, la tala indiscriminada, el mal manejo de las basuras, las inconsistencias de algunos proyectos y licencias inmobiliarias o la invasión, por parte de migrantes venezolanos, de los terrenos del humedal.

Así, el archivo ciudadano que conforma este corpus de noticias sirve para captar un matiz esencial: los humedales y, en general la temática ambiental, representa un problema de autoridad, en tanto los entes encargados de la vigilancia y control, pese a que sancionan, no alcanzan a garantizar el control de la situación. Existe entonces evidencia para afirmar que el imaginario que trazan los medios respecto a los humedales es negativo.

Una mirada a la encuesta ciudadana permite la comprensión de cómo los habitantes tramitan esta información y la integran a su realidad con sus experiencias y percepciones subjetivas.

Imaginar lo húmedo: percepciones sobre humedales en el sector de estudio

Como se dijo antes, estos resultados no deben leerse como la realidad, sino como los elementos que conforman los mapas perceptivos desde los cuales los habitantes se vinculan con su territorio. Los encuestados son habitantes de la zona de interés del estudio: Los Llanos, El Llanito y Lotus, de manera que tienen interacción directa y continua con los humedales en su entorno.

Luego de analizar todas las respuestas, el análisis se detuvo en aquellas que presentaban información relevante respecto a lo imaginario. Así, identificamos que la actividad imaginaria de las personas encuestadas se realizaba en las siguientes preguntas.

¿Cuándo piensa en el humedal, con qué color la identifica?:

La pregunta por el color es esencial. Evocar un color es, también, recordar una historia personal que, desde lo connotativo, puede ilustrar la percepción (Figura 3)

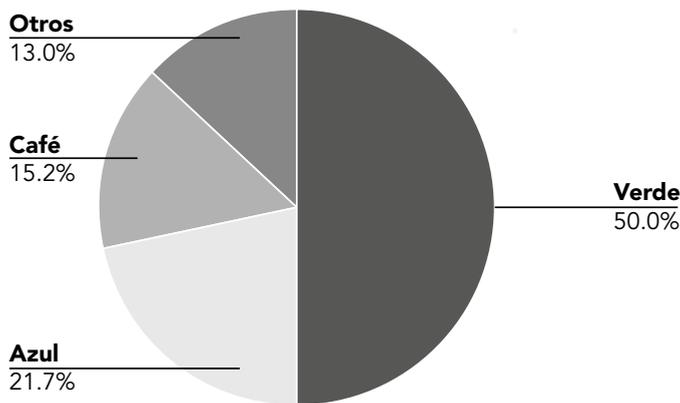


Figura 3. Color con el cual identifica el humedal.

En principio, se diría que "verde" es el emblema, es decir, aquella representación en la que todos los ciudadanos están de acuerdo. Según esto, el humedal, por consenso (emblema) es verde. Hasta ahí, nada muy sorprendente respecto a los estereotipos con los cuales se representa "la naturaleza". Sin embargo, "azul" y "café" surgen como respuestas que, no solo se mantienen propiamente en el umbral de lo imaginario (entre el 11% y el 50%) sino que parecen sugerir ideas distintas: si el azul remite al agua limpia, el café remite al pantano. La representación imaginaria, si bien ambivalente, es prioritariamente positiva, en tanto "verde" y

“azul” suman el 71,7% de las respuestas. Como asunto curioso, fueron personas de 18, 36, 42, 52, 58, 60 y 67 años quienes dijeron “café”. Aquí encontraríamos algo interesante: pese a que en principio se creería que las percepciones de las personas mayores son tendencialmente positivas, en cuanto al color, al menos, no lo son.

¿Qué aspectos positivos cree que tiene vivir cerca de un humedal?

Tabla 4. Aspectos positivos de vivir cerca al humedal.

Respuesta	Frecuencia	%
Naturaleza	21	45,7
Ninguno	15	32,6
Ambiental	7	15,2
Tranquilidad	3	6,5
Totales	46	100,0

El consenso imaginario, es decir, el emblema, es claro: vivir cerca a los humedales tiene de positivo estar en contacto cercano con la naturaleza, el paisaje, la flora y la fauna (45,7%). Siguiendo una línea imaginaria similar, aunque con una ligera diferencia de matiz, “ambiental” (15,2%) se remarca como la posibilidad de respirar aire puro, contar con agua limpia, gozar de un clima agradable. Si bien la suma de respuestas positivas (“naturaleza”, “ambiental” y “tranquilidad”) es mayor, la atención se encuentra en ese amplio tercio de las personas encuestadas (32,6%) que no identifican algún aspecto positivo en particular (Tabla 4). Las edades de estas personas están entre los 18 y los 79 años (2 adolescentes, 7 adultos jóvenes, 3 adultos y 3 adultos mayores); estamos entonces ante un imaginario que es transversal: vivir cerca de un humedal no remarca ningún aspecto positivo en particular.

¿Qué aspectos negativos cree que tiene vivir cerca de un humedal?

Tabla 5. Aspectos negativos de vivir cerca al humedal.

Respuesta	Frecuencia	%
Insectos	18	39,1
Inundaciones, ahogamientos, peligros para los niños	15	32,6
Otros	13	28,3
Total	46	100,0

Mientras el porcentaje de personas que no identificaban un aspecto positivo en la pregunta anterior se situaba sobre el 32,6%, muy cerca se encuentra el 28,3% que tampoco lo logra respecto a lo negativo. Ese es un dato importante, pues permite trazar direcciones para posibles campañas de comunicación con la comunidad: la postura frente a si es negativo o positivo vivir cerca de un humedal no está clara para un porcentaje importante de la población encuestada.

Ahora bien, esta pregunta presenta tres imaginarios (tres respuestas que no se diluyen en la epifanía (menos del 10) ni se consolidan como emblemas —por encima del 50%). El primero, con “otros”, ya mencionado, el segundo con “insectos” (39,1%), el tercero con temor por inundaciones, ahogamientos y la seguridad de los niños (32,6%). El imaginario global en cuanto a lo negativo se muestra dinámico: las dos respuestas principales marcan una clara aversión a lo que implica vivir cerca de los humedales: agua (potencial peligro para ahogamientos e inundaciones) e insectos. Curiosamente, estos elementos hacen parte inevitable de lo que en la anterior pregunta se señalaba como positivo: naturaleza, calidad ambiental (Tabla 5).

¿Cuándo piensa en el futuro del humedal en los próximos 20 años, ¿cómo lo imagina?

En cuanto a esta pregunta, la respuesta más generalizada marca el futuro como algo negativo: imaginan el humedal seco, desaparecido y contaminado (67,4%: un emblema). Un 19,6% lo encuentran positivo, mientras 13% no tienen una respuesta definida. Mientras las imaginaciones negativas se encuentran en personas de todas las edades, las que imaginan un futuro positivo suelen ser jóvenes: entre los 18 y los 38 años.

Enumere las necesidades más urgentes que se deben solucionar respecto al humedal

Tabla 6. Necesidades más urgentes. Fuente: elaboración propia.

Aspectos a mejorar	Frecuencia
Sanearlo	16
Seguridad	8
Animales	7
Control autoridades	6
Nada	6
Cerca	5
Basuras	5
Señalización	3
Conciencia ambiental	2

En tanto cada persona podía señalar varias respuestas, la información que surge es más dispersa. Sin embargo, resaltan varios imaginarios. En primer lugar, la de sanearlo (16 personas); mejorar el aspecto de seguridad ciudadana (8 personas); mejorar la situación de los animales, que se refiere fundamentalmente a mecanismos para evitar los peligros de las mascotas (8 personas), lo cual se relaciona con la construcción de una cerca (5 personas); y, finalmente, la necesidad de mejorar la gestión de basuras (5 personas) (Tabla 6).

Estas respuestas, aunadas a las obtenidas en la anterior pregunta, muestran un imaginario que no aparece tan evidente, pero que se mueve entre sutilezas: el temor que produce el humedal respecto a los niños y las mascotas. Asimismo, remarca la creciente necesidad de proveer mejores condiciones de seguridad, lo cual se refiere principalmente al orden público; de ahí también la mencionada necesidad de construir una cerca.

Concurrentes y visitantes de los humedales

Las últimas dos preguntas ("¿Cada cuánto frecuenta el humedal?" y "¿Qué personas identifica como visitantes frecuentes del humedal?") aportan resultados que se pueden entender en continuidad. En cuanto a la primera, el 54,3% afirma nunca visitarlo, mientras el 28,3% señalan visitarlo cada dos semanas, aproximadamente. El 18,4% corresponde a otras respuestas. Así, lo habitual, lo que marca el imaginario, es pasearse dos veces a la semana por el humedal; pero el consenso (emblema) es nunca visitarlo. Las personas que lo visitan dos veces por semana presentan edades entre los 13 y los 69 años (7 hombres, 6 mujeres), con lo cual no se halla una tendencia específica en quienes ostentan esta frecuencia de visita. El trabajo de observación permitió identificar que estos paseos están relacionados con sacar a caminar a las mascotas.

Finalmente, al indagar por las personas que los habitantes imaginan que visitan el humedal (Tabla 7), el imaginario señala con claridad que los jóvenes son los visitantes frecuentes de los humedales (34,8%), mientras la respuesta que señala a "gamines", "marihuaneros" y "drogadictos" abarca un 21,7%. La ambigüedad del "otros", que incluye por igual niños, personas con mascotas y pescadores, connota un aspecto negativo; "jóvenes" pudiera entenderse como algo neutral, mientras que, evidentemente, lo de "gamines", "marihuaneros" y "drogadictos", que no excluye a los jóvenes (ni a las personas que pasean mascotas, ni a los que van de pesca al humedal), comporta una connotación negativa.

Tabla 7. ¿Qué personas imagina que frecuentan el humedal?

Respuesta	Frecuencia	%
Otros (niños, gente con mascotas, pescadores)	20	43,5
Jóvenes	16	34,8
Gamines, marihuaneros, drogadictos	10	21,7
Total	46	100,0

Sin embargo, predomina el imaginario positivo (de hecho, si se integran niños y jóvenes, entendidos como visitantes que generan una percepción positiva, marcaría un emblema) frente al negativo. Como algo curioso, resalta que quienes señalaron a los gamines y consumidores de droga (10 personas) tienen edades entre los 13 y los 69 años, y todos, sin excepción, fueron los que también imaginaron el futuro del humedal como algo negativo, y casi todos señalaron "insectos" como el principal aspecto negativo de vivir cerca al humedal.

Con lo dicho hasta aquí procede un intento de sintetizar los resultados en torno al imaginario de los habitantes de las zonas cercanas a los humedales. El primer aspecto para resaltar es la ambivalente percepción sobre el hecho de vivir en la zona. Lo que por un lado se imagina como positivo (vivir cerca de la naturaleza), por el otro lado implica insectos, inseguridad y peligros para animales y niños. Lo positivo y lo negativo ondean simultáneamente en el imaginario, mientras los emblemas (aquellos asuntos en los que una mayoría de personas está de acuerdo) se ratifican en no visitar nunca el humedal, asociarlo al color verde y relacionarlo con vivir cerca de la naturaleza. La naturaleza cumple un lugar destacado en las representaciones que construye la publicidad de proyectos urbanísticos en la zona, y se encuentra como un personaje que se narra, por ejemplo, en los videoclips y las canciones de las bandas emergentes de la región (Arango & Correa, 2018; Correa, 2018).

Lo que se encuentra, entonces, es un imaginario en tránsito, fruto de las constantes transformaciones del territorio que vive aceleradamente Rionegro (Montoya-Gallego, 2018). De ahí que la cercanía al humedal se tamiza en un imaginario más urbano que rural; es decir, que los temores por las inundaciones, las molestias por los insectos y los reclamos de mayor seguridad para niños y mascotas, son huellas imaginarias no propias de lo rural (en constante cercanía con la naturaleza, tanto en sus aspectos positivos como en los potencialmente peligrosos).

Esto hace parte de dinámicas de una transformación acelerada, tal como lo señaló Rincón (2018), al mostrar cómo los jóvenes de El Santuario (situación extensible a muchos otros municipios) aman el verde de sus campos, pero anhelan hacer sus proyectos de vida en la ciudad (a la que, por cierto, perciben como gris y peligrosa).

Para ese eje imaginario de lo urbano, marcado por las dinámicas de lo privado (lo que se remarca en la demanda de una cerca y de condiciones de seguridad), lo que se busca de la naturaleza es el paisaje, el silencio y la tranquilidad, pero sin el costo de lo que implica vivir en zonas boscosas, húmedas y con riqueza hídrica.

De otro lado, este estudio mostró evidencia para reconocer un imaginario emergente: los humedales compiten en el imaginario con esa idea de urbanización moderna urbana (y acelerada). Es como si el humedal resultara incómodo para los proyectos de expansión urbanística.

Tal vez sin intención, la agenda mediática remarca esa incomodidad: la naturaleza es un agente incómodo, peligroso, de reacciones inesperadas y crueles, ante la cual las autoridades (del ejecutivo y de lo ambiental) poco pueden hacer, más allá de sancionar a las empresas que contaminan. Sin embargo, lo que preocupa de la contaminación, en el corto plazo, es el mal olor que se produce cerca de las fuentes hídricas. Las sanciones, está en el subtexto de todas las piezas informativas analizadas, son siempre insuficientes, lentas e inoperantes, pues, al fin y al cabo, las empresas pagan las multas y siguen contaminando. La evidente parcialización de los medios hacia la agenda institucional, marcada por Otálvaro y Atehortúa (2020) genera un peso importante aquí.

En ese sentido, las empresas (contaminantes) y los proyectos urbanísticos (con licencias ambientales dudosamente obtenidas, o con diseños que irrespetan el territorio) juegan de un mismo lado: el crecimiento atropellado que no se interesa ni en el largo plazo, ni en el equilibrio ecológico, sino que pretenden conseguir sus objetivos de mercado en la lógica de la rentabilidad.

En medio de las noticias que se viralizan en redes, y de las problemáticas asociadas a vivir cerca a los humedales, los ciudadanos reconocen las ventajas de contar con un paisaje bello cuando se asoman a la ventana, pero no tendrían mayores problemas si los humedales desaparecen, siempre que, al volverse a asomar a la ventana, haya árboles, las mascotas puedan pasear con tranquilidad, y los niños no corran peligro de ahogarse.

Agradecimientos

A los estudiantes del curso Comunicación y Cultura, del programa Comunicación Social, semestre 2-2021, quienes aplicaron las encuestas. A la Universidad Católica de Oriente por el apoyo en los proyectos de investigación "Oriente imaginado: Exploración del lugar de la comunicación en las representaciones sociales y la identidad. Primera fase", "Investigación+creación: Estado del arte y exploración metodológica desde la comunicación. Fase I", y "Experimentación audiovisual para narrar la apropiación de conocimiento. Fase II". A la Universidad de Medellín por la asignación de tiempos de escritura para el docente Carlos Andrés Arango Lopera.

Referencias

- Arango, C. & Correa, D. (2018). Oriente sonoro: tecnología e imaginarios de territorio a partir de las canciones. En C. Arango (Ed.). *Desarrollo y territorio: comunidad, familia y educación* (pp. 31-48). <http://repositorio.uco.edu.co/handle/123456789/273>
- Bachelard, G. (1996). *El agua y los sueños. Ensayo sobre la imaginación de la materia* (2 ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Bachelard, G. (2000). *La poética del espacio*. Fondo de Cultura Económica.
- Baeza, M. A. (2000). *Los caminos invisibles de la realidad social: ensayo de sociología profunda sobre los imaginarios sociales*. Ril Editores.
- Bauman, Z. (2010). *La cultura como praxis*. (2 ed.). Paidós.
- Correa, D. (2018). Oriente visual: referentes de identidad en los videoclips de las bandas musicales del altiplano del Oriente antioqueño. En C. Arango (Ed.), *Territorio, identidades, comunicación* (pp. 241-261). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- De la Torre Espinosa, M. (2018). La programación cultural de los medios comunitarios: El caso de Radio Almaina. *Dixit*, 29, 84-97.
- Delgado, R., M. (1999). *Ciudad líquida, ciudad interrumpida*. Universidad Nacional de Colombia.
- Durand, G. (2006). *Las estructuras antropológicas del imaginario. Introducción a la arquetipología general* (2ed.). Fondo de Cultura Económica.
- García, J. L. (1976). *Antropología del territorio* (Vol. 194). Madrid: Taller de Ediciones Josefina Betancor.

- García-Canclini (2000). *Globalización imaginada*. Paidós.
- García-Canclini (2004). *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la interculturalidad*. Gedisa.
- García-Canclini (2010). *Imaginario urbano*. Eudeba.
- García-Canclini (2012). *Culturas híbridas. Estrategias para entrar y salir de la modernidad*. Penguin Random House.
- Gorelik, A. (2002). Imaginario urbano e imaginación urbana. Para un recorrido por los lugares comunes de los estudios culturales urbanos. *EURE. Revista de Estudios Urbano Regionales*, 28(83), 125-136.
- Hiernaux, D. (2007). Los imaginarios urbanos: de la teoría y los aterrizajes en los estudios urbanos. *EURE. Revista de Estudios Urbano Regionales*, 33(99), 17-30.
- Jung, C. G. (2002). *Recuerdos, sueños, pensamientos*. Seix Barral.
- Levi-Strauss, C. (2012). *Mito y significado*. Alianza.
- Lindón, A. (2007a). Diálogo con Néstor García Canclini: ¿Qué son los imaginarios y cómo actúan en la ciudad? *EURE. Revista de Estudios Urbano Regionales*, 33(99), 89-99.
- Lindón, A. (2007b). La ciudad y la vida urbana a través de los imaginarios urbanos. *EURE. Revista de Estudios Urbano Regionales*, 33(99), 7-16.
- Lindón, A. (2007c). Los imaginarios urbanos y el constructivismo geográfico: los hologramas espaciales. *EURE. Revista de Estudios Urbano Regionales*, 33(99), 31-46.
- Lindón, A. (2008). El imaginario suburbano: los sueños diurnos y la reproducción socioespacial de la ciudad. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 64(65), 39-62.
- Mandoki, K. (2006). *Estética y comunicación*. Norma.
- Mead, M. (2012). *Cultura y compromiso*. Gedisa.
- Montoya-Gallego, E. (2018). La calle como escenario de comunicación y como microterritorio urbano: descripción a partir de cinco calles de Rionegro. En C. Arango (Ed.). *Desarrollo y territorio: comunidad, familia y educación* (pp. 163-186). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.

- Otálvaro, M. & Atehortúa-Sánchez, J. A. (2020). Análisis crítico del discurso en el cubrimiento que hicieron tres medios de Rionegro del cierre del Hospital Gilberto Mejía. En C. Arango & D. González García (Eds.). *Sensibilidades, interacciones, mediaciones* (pp. 119-139). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Rincón, J. C. (2018). Montañas de concreto: imaginarios juveniles sobre la migración hacia la ciudad. En C. Arango (Ed.). *Territorio, identidades, comunicación* (pp. 57-75). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Silva, A. (1997). *Imaginarios urbanos. Cultura y comunicación urbana* (3rd ed.). Tercer mundo editores. Bogotá. Colombia.
- Silva, A. (2005). *Polvos de ciudad*. La Balsa.
- Silva, A. (2006a). *Imaginarios urbanos. Hacia el desarrollo de un urbanismo desde los ciudadanos*. Metodología. Convenio Andrés Bello.
- Silva, A. (2006b). *Imaginarios urbanos* (5 ed.). Arango Editores.
- Silva, A. (2012). *Álbum de familia. La imagen de nosotros mismos*. Sello Editorial Universidad de Medellín.
- Tarnas, R. (2008). *La pasión de la mente occidental*. Atalanta.
- Vásquez Rodríguez, F. (2002). *La cultura como texto. Lectura, semiótica y educación*. (M. Restrepo (ed.); 2 ed.). Pontificia Universidad Javeriana.
- Wilkes, J. (2011). *Romanticism*. En *George Eliot in Context* (pp. 248-255). Cambridge University Press.



Capítulo 7

Hilos del agua: una propuesta socioeducativa alrededor del humedal urbano





■ Hilos del agua: una propuesta socioeducativa ■ alrededor del humedal urbano

Jonnattan Garcia Garrido^{1,2}, Juan Franco Montoya¹, Mario Alberto Quijano-Abril^{2,3}

Introducción

Los maestros de ciencias naturales que han implementado en sus aulas estrategias educativas estarán de acuerdo que aprender es más que retener y repetir conceptos. En algunos momentos es necesario memorizar, pero en otros se requiere pensar, razonar o imaginar (López et al., 2013). Santivañez-Limas (2017), en su libro *Didáctica en las enseñanzas de las Ciencias Naturales* se centra en estas estrategias, reconociendo la necesidad de que las ciencias impartidas en las escuelas se repiensen para que el estudiante aproveche los rápidos avances con un alto grado de conciencia sobre el mundo en el que vive. Esto significa que se deben poner en marcha una serie de actividades enlazadas funcionalmente que promuevan cotidianamente la creatividad y el análisis.

Con la finalidad de generar una propuesta educativa que permitiera la apropiación del conocimiento científico y la conservación de los humedales urbanos de la subregión del Oriente de Antioquia, se desarrollaron una serie de actividades unidas funcionalmente con el propósito de dotar de reconocimiento a la ciencia y el medio ambiente en el imaginario colectivo, como parte integral del entramado social en que convive la ciudadanía. Estas actividades incidieron en la percepción

1 Facultad de Ciencias de la Educación.

2 Grupo de Investigación Estudios Florísticos, Herbario Universidad Católica de Oriente.

3 Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente.

y la apropiación de este tipo de ambientes por parte de las juventudes y a la vez funcionaron de punto de encuentro para diferentes actores educativos, como maestros e investigadores que deseaban abordar desde una visión ecosistémica de ciudad las Competencias Científicas que propone el Ministerio de Educación Nacional (MEN).

Según Cortina (1997):

Para poder ejercer plenamente como humano además de buscar la libertad y la igualdad entre los hombres, también hay que actuar de manera pragmática hacia la conservación del medio ambiente a través de acciones individuales y puntuales, buscando asegurar la biodiversidad, los recursos y la calidad de vida para las presentes y futuras generaciones.

El presente trabajo se enmarcó en el método Investigación Acción Educativa (IAE), que permite acercarse y registrar de la manera más natural la realidad dual representativa de la actividad de la mente humana que actúa en base de ensayo y error hasta que la pericia permite procesos milimétricos casi automáticos (Martínez, 2007). Para contribuir en el desarrollo metodológico a lo largo de la investigación, fueron generados diferentes escenarios de interacción y diálogo de saberes entre científicos y docentes de bachillerato del área de ciencias naturales. Esta estrategia se realizó con dos finalidades, primero la de compartir experiencias y generar información útil en el avance de las actividades pedagógicas y segundo la de ampliar el conocimiento sobre los humedales urbanos de la región.

Colombia, representante de la realidad latinoamericana, cuenta con varios problemas educativos de larga data que se hicieron más visibles en pandemia (CEPAL & UNESCO, 2020). En lo que compete directamente a las Ciencias Naturales, se destaca la situación de la didáctica en su enseñanza, que frecuentemente fomenta el desinterés en los estudiantes (Solbes et al., 2007). Autores como Suárez et al. (2017) concluyen que esta situación ocurre entre otros factores por el desacople del discurso del profesor con las realidades de sus estudiantes, cuestión que se materializa como una actitud de apatía que se suma sistemáticamente al poco desarrollo científico del país. Formar competencias científicas que permitan a los estudiantes generar conocimiento se ha vuelto una prioridad para la escuela, que debe tener además de recursos y materiales, maestros deseosos de crear experiencias significativas para sus estudiantes (Orrego et al., 2014).

La necesidad de realizar este trabajo surge entonces al enfrentar el actual desinterés de las nuevas generaciones por las ciencias básicas, el poco desarrollo del pensamiento crítico en el área, el desconocimiento de los procesos científicos, así como también de la biodiversidad natural de nuestros entornos urbanos (Solbes

et al., 2007). Esta situación es observable a nivel nacional a través del lente de los resultados de las diferentes pruebas internas y externas, donde se nota el bajo nivel de apropiación que se tiene de la ciencia y la tecnología. Esta situación la podemos comenzar a establecer con los datos de las pruebas saber pro 2019. Por ejemplo, para el componente de Ciencias Naturales en diferentes instituciones educativas del Oriente antioqueño, el puntaje de los estudiantes apenas se mantuvo dentro del promedio nacional. Los datos para el 2020 no mostraron una mejoría sustancial y se mantuvieron dentro del promedio nacional, que para ese entonces había sido afectado principalmente por la dinámica de la pandemia.

El humedal como un actor en la cotidianidad

La urbanidad de un mundo globalizado con información moviéndose las 24 horas del día es la actualidad. Esta disponibilidad no es gratuita y consume grandes cantidades de recursos naturales que ponen en riesgo la seguridad ambiental de las ciudades. Esta realidad requiere de un tipo de ciudadano que se prepare desde temprana edad para equilibrar las funciones y servicios ecosistémicos que ofrece el ambiente, con las dinámicas propias de la urbanidad (López, 2015). Con base en esta premisa, se llevó a cabo una serie de actividades con estudiantes de secundaria que dejaron grandes aprendizajes, no solo para los estudiantes, que lograron avanzar en las competencias científicas, sino también de gran importancia para los propósitos educativos.

Con la educación se pretende formar para enfrentar al mundo y sus vicisitudes. Por lo cual es vital dedicar tiempo a reconocer cuáles son los componentes importantes del territorio y cómo usarlos para potenciar cada región frente a la galopante globalización, generando propuestas y soluciones innovadoras para los complejos problemas, como el cambio climático y el deterioro del medio ambiente por procesos antrópicos (Zona & Giraldo, 2017).

El altiplano del Oriente antioqueño cuenta con una cantidad considerable de recursos naturales, dados por las condiciones geológicas y orográficas de la Cordillera Central colombiana, lo que se traduce en una amplia diversidad de flora y fauna, todo esto sumado al fenómeno de microhábitat propiciado por la expansión urbana, la cual en los últimos años ha llegado a niveles preocupantes por el impacto a los ecosistemas (Quijano et al., 2018). La Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (Cornare), plantea que para mejorar las relaciones socioambientales es necesario avivar las iniciativas locales enfocadas en que la sociedad civil construya escenarios de acción local y conjunta que puedan generar la sinergia regional y nacional (Zapata, 2017).

En la actualidad el acceso a la ciencia se hace cada vez más cotidiano y convive con los estudiantes en sus bolsillos, como supercomputadoras interconectadas a la mano, o en tecnologías que hacen posible construir redes de conocimiento y generar propuestas de solución cada vez más cosmopolitas e integrales (Hincapié & Cardona, 2019). Cuando el ciudadano y en este caso los estudiantes se agrupan y organizan, las contribuciones pueden verse ampliamente multiplicadas. Este proceso de construcción es un terreno ideal para que se articulen actores como universidades, corporaciones y otras instituciones en un diálogo con la escuela, invitando a las juventudes a participar de proyectos que involucren sus experiencias con la biodiversidad de la región (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2019).

A nivel nacional los humedales han sido declarados ecosistemas estratégicos, sin embargo, hoy en día están siendo fuertemente impactados por diferentes fenómenos antrópicos. Esta situación es más visible al interior de nuestras grandes ciudades, donde este tipo de ambientes han sido interpretados y enseñados a nuestras nuevas generaciones como focos de infección o sitios inseguros, razón por la cual han sido drenados y rellenados para la construcción de diferentes tipos de obras urbanas. Para Colombia los propósitos educativos alrededor de estos ecosistemas se han centrado en buena parte en Bogotá, donde además de haber humedales de gran tamaño, como el Juan Amarillo con 222,76 ha de extensión, también existe una política administrativa que incluye a las comunidades para su protección y promoción como sitios de disfrute, cuidado y aprendizaje (Puentes et al., 1997). A pesar de estos esfuerzos, los humedales siguen estando amenazados, por lo que Ramsar como institución internacional encargada de promover el uso integral de estos lugares, hace hincapié en la importancia de cuidarlos como tesoros de la urbanidad. Acosta (2018), en su estudio del humedal La Tingua Azul ubicado en Bogotá, comenta que estos son lugares fundamentales en el equilibrio ecológico y ambiental global, además de los servicios ecosistémicos que prestan a la comunidad.

Avendaño-Cifuentes (2015), reconoce la importancia educativa del humedal por lo que recomiendan a las escuelas comenzar a trabajar en ellos desde tempranas edades, creando estrategias que permitan al estudiante acercarse a través de la didáctica, en ejercicios como talleres, visitas guiadas y actividades para ejercitar la observación. La convención Ramsar (Gardner & Max, 2018), propone motivar a los estudiantes a interactuar con este tipo de ambientes, en un papel de sujetos sociales responsables y transformadores de su entorno. Si las personas reflexionan en que sus acciones son echas dentro de un ecosistema del cual se desprenden servicios a la sociedad, se podría esperar una mejor valoración y por ende una mejor gestión de estos ambientes (WWF, 2003).

El papel integrador de las competencias científicas

Las estrategias didácticas enlazan funcionalmente diferentes actividades útiles para cultivar el aprendizaje autónomo y la conciencia sobre la biodiversidad del territorio, pero también para desarrollar los contenidos curriculares asociados a temáticas ambientales propuestas por el MEN. El reconocer el ambiente como materia prima de experiencias significativas permite a los sujetos apropiarse de su entorno y fortalecer los componentes de una cultura científica basada en la indagación, la exploración y el análisis crítico de los espacios vitales, mientras van dando solución a inquietudes de la vida misma.

En este proceso educativo los estudiantes logran relacionar los contenidos trabajados en el aula con las experiencias previas que circundan la comunidad educativa y de las cuales han sido parte, es importante que la educación desarrolle habilidades creativas con el potencial de traspasar las barreras del aula para generar innovaciones y progreso (Heno, 2016).

Este desarrollo a nivel mundial tiene sus inicios cuando se avanza en la solución de los problemas públicos que son en gran parte resultado de la educación científica de sus ciudadanos, este tipo de educación, como lo señala el filósofo estadounidense John Dewey, es determinante para idear formas sofisticadas de resolver los problemas (Eslava, 2004). Varios son los autores como Ladino & Fonseca (2011), Heno (2016), Freire et al. (2018) y Camacho & Quintanilla (2008), han comentado la necesidad de una educación adecuada que renueve la actual forma de enseñar Ciencias Naturales y que una los propósitos de los maestros y estudiantes.

No se puede negar lo valioso que es el ambiente urbano y los beneficios que ha traído al desarrollo de la humanidad. Características como las estructuras de carreteras, el alcantarillado, el acceso a electricidad, comunicaciones, educación, salud y demás servicios básicos permiten a la mente dedicarse a otras actividades creativas como ciencia, recreación, o también buscar formas de interacción más sanas con el ambiente. Las competencias en ciencias naturales, competencias de pensamiento científico o más comúnmente llamadas competencias científicas, surgen en esta dinámica. Según Chona et al. (2006), son "la capacidad de un sujeto, expresada a través de su desempeño observable y evaluable, evidencia formas sistemáticas de razonar y explicar el mundo natural y social, a través de la construcción de interpretaciones, las cuales pueden ser apoyadas por los conceptos de la ciencia".

Hernández (2005), comenta que a grandes rasgos hay dos enfoques que se han usado para las competencias científicas. Uno relacionado directamente al quehacer de los científicos, enmarcado por los tecnicismos y paradigmas propios del área que se está investigando, y el otro, más adecuado para ambientes escolares, donde se desarrollan competencias ciudadanas, independientemente de la tarea social que desempeñarán en el futuro, y que a la vez están en relación con su vida. Evidentemente estas dos vertientes no son excluyentes, pero en el enfoque de Ciencias Naturales que se trabaja hoy en día en la educación básica y secundaria, interesa en especial cultivar más la segunda.

Desde la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) el abordaje se da como Scientific Literacy, que sería el conocimiento científico individual determinante a la hora de identificar situaciones, donde se pueden aportar soluciones, adquirir nuevo conocimiento, explicar los fenómenos de la vida y generar las conclusiones sustentadas en las pruebas científicas (Coronado & Arteta, 2005; ICFES, 2007).

Metodología

La propuesta educativa se obtuvo como resultado de un proceso de investigación desarrollado a través de siete fases:

Fase cero. Uniendo cauces: Los científicos e investigadores se reunieron a dialogar (Figura 1), exponer sus visiones del mundo y construir acuerdos en base a lo que esperan sea la educación ambiental para el ciudadano que convive en la actual urbanidad.



Figura 1. Científicos de diferentes áreas del conocimiento ambiental y social, dialogando alrededor del humedal urbano.

Fase uno. Conociendo mi tripulación: en este punto el maestro investigador puso en práctica los primeros instrumentos evaluativos (individual y grupal) con los cuales se reconoció el estado de los estudiantes en cuanto a sus competencias científicas y saberes previos sobre los temas del humedal urbano y la ciudad como ecosistema.

Fase dos. Construyendo el navío: después de reconocer qué saben y qué no saben los estudiantes, se comenzó a construir y hacer las adaptaciones necesarias a los recursos y experiencias significativas en clave socioconstructivista, buscando que tengan el mayor impacto.

Fase tres. Navegando: ya elegidas, construidas y adaptadas las actividades más convenientes según los propósitos previamente determinados, se desarrollaron las acciones fértiles (Tabla 1), en donde los estudiantes participaron activamente. La gran mayoría fueron en el humedal urbano del barrio Piamonte (Figura 2), donde la comunidad aledaña se ha apersonado y juega un papel importante en la conservación de este lugar. Mientras la experiencia transcurrió, el maestro hizo de guía y observó atentamente tomando registro escrito (diario de campo) y fotográfico.

Tabla 1. Actividades realizadas durante la investigación.

N.º	Actividad	Propósito	Estructura
1	Presentación diapositivas	Servir de punto de partida para introducir al estudiante en el concepto de humedal y su papel ecosistémico.	Se dispusieron varias preguntas inspiradas en el humedal urbano y sus servicios ecosistémicos.
2	Crucigrama	Estudiar conceptos que han sido tipificados como desconocidos en una lectura previa, creando así enlaces entre lo conocido y desconocido.	Los conceptos desconocidos y sus respectivas descripciones organizadas y enlazadas funcionalmente alrededor del tema tratado.
3	Sopa de letras	Repasar conceptos y generar puntos de discusión.	Varias palabras tipificadas anteriormente como desconocidas.
4	Taller (Flora de Oriente antioqueño)	Conocer más sobre la diversidad floral con la que cuenta la región.	Mesa redonda donde cada estudiante escoge dos plantas para comentar con sus compañeros en un ejercicio de encadenamiento.

N.º	Actividad	Propósito	Estructura
5	Taller (Humedales de Rionegro)	Reconocer los humedales que están presentes en el territorio y sus características más sobresalientes.	Se usó el libro <i>Los humedales del altiplano Antioqueño</i> para generar una serie de preguntas y se usó como material de referencia.
6	Trabajo para el hogar (Plantas de mi barrio)	Reconocer la flora con la que conviven los estudiantes en sus lugares de residencia.	Haciendo uso de la aplicación "Plantnet" se identifican plantas en el barrio y con la aplicación "Google Maps" se determinó la ubicación exacta.
7	Taller y consulta	Investigar sobre las diferentes visiones y normatividad que hay en el mundo alrededor de los humedales.	Una serie de preguntas orientadoras, inspiradas en el documento "La convención Ramsar de que trata", el cual fue usado como material de referencia.
8	Friso (Plegable)	Conocer las plantas que habitan el humedal y encontrar en ellas las características taxonómicas que desde la ciencia se nos proponen.	En el libro <i>Humedales de Rionegro</i> se encuentran algunas especies de plantas y junto con un diagrama con los tipos de hojas son la base para la construcción del friso.
9	Cineforo (Video taller)	Amenizar la actividad y profundizar en el concepto de humedal urbano mientras se promueve el reflexionar sobre los puntos comunes con los demás compañeros.	Se reproducen videos sobre los humedales de Bogotá, disponibles en la web, al finalizar se propone una actividad de análisis.
10	Practica (Construcción muestra botánica).	Conocer sobre los métodos que los científicos usan en su cotidianidad, mediante el estudio de una herramienta que usan en las investigaciones.	Se construyó un herbario a partir de plantas colectadas en el humedal y posteriormente disecadas con el acompañamiento de los botánicos de la Universidad Católica de Oriente.

N.º	Actividad	Propósito	Estructura
11	Exposición (Charla con expertos o colaboradores).	Conocer de qué manera entienden el humedal los científicos que lo estudian.	Exposición magistral con el apoyo de la Universidad Católica de Oriente para ampliar el tema de conservación de humedales.
12	Conversatorio	Reflexionar sobre la experiencia y dialogar los aprendizajes adquiridos.	En mesa redonda se abordaron temas de interés para que los estudiantes conocieran a profundidad sobre estos ecosistemas.



Figura 2. Estudiantes en actividades en el Humedal del barrio Piamonte.

Fase cuatro. Recolectando y almacenando: en la fase anterior los estudiantes generaron grandes cantidades de información en forma de construcción propia y registro del maestro, estos datos se organizaron de manera lógica en un portafolio individual para su posterior análisis.

Fase cinco. Regresando a la orilla: se aplicó de nuevo la evaluación inicial de conocimientos previos (individual y grupal) pero con la intención de revelar el avance en cuanto al estado inicial de conocimiento.

Fase seis. Dialogando con lo recogido: obtenidos los resultados, en esta etapa se procedió a hacer un análisis a la luz de las categorías iniciales, triangulándolas a lo largo de las construcciones de los estudiantes. Esto permitió comparar los resultados iniciales y finales de las evaluaciones. Además, se compartieron con otros maestros de educación secundaria que deseen implementar las herramientas construidas en sus instituciones.

La investigación educativa fue de corte cualitativo, guiado por el método IAE en línea proyectual (Figura 3), que consistió en exponer a estudiantes de noveno de la Institución Educativa Concejo Municipal El Porvenir (IECMP) una institución pública de carácter oficial, a problemáticas que ejemplificarán situaciones de la cotidianidad de la escuela y la ciudad, para luego buscarles solución haciendo uso de diversas fuentes y herramientas. Es decir, que los propios habitantes estudian y transforman su ambiente, mientras el maestro registra y toma el papel de guía. Uno de los aspectos más importantes a la hora de hacer un proyecto de este tipo, es el tiempo que se requiere para su implementación. Para esto, es necesario dedicar varias sesiones de trabajo planeadas estratégicamente y así lograr los objetivos. Asimismo, al momento de evaluar, es conveniente no hacerlo de manera aislada, más bien se busca ser muy integral y constante para poder hacer reajustes y la retroalimentación necesaria.

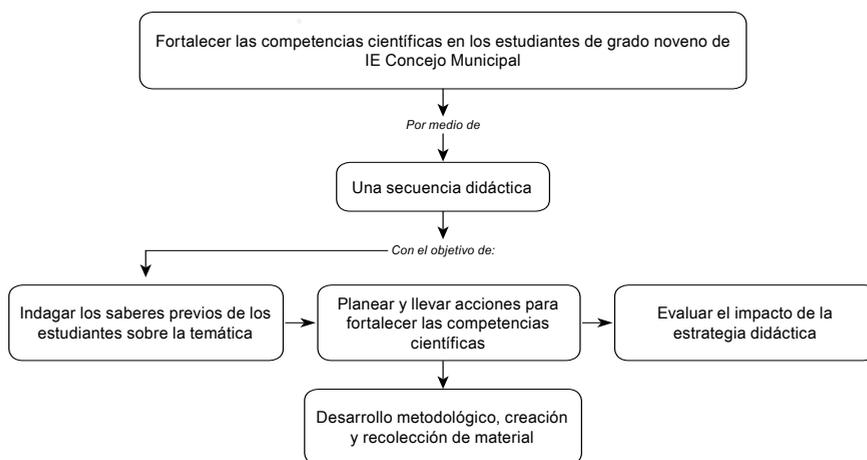


Figura 3. Desarrollo metodológico del proyecto

Durante todo el proceso, el maestro asumió el papel de acompañamiento y guía, revisando el avance del proceso mediante registros propios y de los estudiantes, haciendo la retroalimentación necesaria de acuerdo con los indicadores. El diario de campo fue usado de manera extensa para tomar notas, tal como lo recomienda

Martínez (2006), por ser una herramienta sencilla, útil y precisa con lo que se vive en el momento, también fue de gran ayuda el registro fotográfico suministrado en su mayoría por los estudiantes. Esta técnica permite autoobservación y la captura del momento, para posteriormente analizar las diversas facetas del maestro y el sentir de los estudiantes.

Resultados y discusión

Dentro del contexto urbano tan diverso de Rionegro, hay grandes retos ambientales y educativos. Actualmente en este municipio conviven familias provenientes de todo el país, que se han establecido en la ciudad, generando una combinación de sectores populares y otros de un alto nivel adquisitivo. Como interesados en la educación, es necesario seguir llevando a cabo actividades que ejerciten el pensamiento crítico, los conceptos científicos y el reconocimiento de la diversidad natural de la región.

Los resultados tangibles de esta investigación son numerosos, entre los que se encuentran las recomendaciones, guías y materiales audiovisuales que construyeron los científicos para la escuela, pero a juicio de los investigadores desde una visión más amplia, los resultados más sobresalientes son intangibles y del orden de la interacción social. Entre ellos se encuentran las vías de diálogo establecidas entre la academia, la escuela y la sociedad civil, en donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de conocer de primera mano lo que los científicos de la región hacen. También se abrió un camino para que los profesionales adscritos a grupos de investigación consolidados en el área de las ciencias ambientales, dieran sus opiniones sobre el conocimiento que la escuela debería brindarles a sus alumnos, si aspiran a formarlos en estas áreas.

Lo significativo de esta interacción entre la escuela y la universidad se puede analizar en base al cambio en los resultados de las evaluaciones iniciales y finales de los estudiantes, al comienzo de la experiencia eran evidentes los bajos niveles de desempeño en las competencias científicas evaluadas, sobre todo en las tres iniciales que son las básicas (Tabla 2). A través de la experiencia avanzaron en el reconocimiento de los conceptos propios de la ciencia, los procesos de análisis e indagación, pero también mostraron una mejoría en cuanto a su capacidad de expresar ideas y sustentarlas mediante la búsqueda de referentes y datos útiles. En este proceso ellos ubicaron en la mente los fragmentos de conocimiento más o menos relevantes para sus propósitos y así los jerarquizaron en función de lo significativo de la interacción creada con la realidad. Por ejemplo, para el arquitecto la imagen de la casa será muy diferente a la de la persona que finalmente vive en ella. Este conocimiento es válido, (en este caso) en sus dos formas, y se ha generado en la interacción cotidiana que han tenido con su ambiente específico. En resumen, aunque para ambos la casa existe, podrá haber discrepancias en su interpretación dependiendo del enfoque.

Tabla 2. Competencias científicas evaluadas en la investigación

N.º	Competencia	Descripción
1	Identificar	Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos.
2	Indagar	Capacidad para plantear preguntas y buscar procedimientos adecuados.
3	Explicar	Capacidad para construir y comprender argumentos.
4	Comunicar	Capacidad para escuchar y plantear puntos de vista.
5	Trabajo en equipo	Capacidad para interactuar productivamente.
6	Dimensión parcial de la ciencia	Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.
7	Dimensión social de la ciencia	Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.

Para todos los seres pensantes, posterior a que se han establecido tipificaciones, estas tienen la posibilidad de nutrirse e institucionalizarse a través de los procesos históricos. La institucionalización se da cada vez que los sujetos logran acuerdos sobre una serie de objetos, sujetos, acciones y funciones habituales, por lo que el modesto desempeño en las cuatro competencias complementarias (comunicar, trabajo en equipo, reconocer la dimensión parcial de la ciencia y reconocer la dimensión social de la ciencia), demuestra lo débiles que están los acuerdos sociales que le permiten a estudiantes moverse inconscientemente por las redes de conocimiento alrededor del medio ambiente y el humedal urbano.

Al finalizar las actividades quedan muchos aspectos por mejorar para los maestros en cuanto al proceso de enseñanza/aprendizaje, así como también para los científicos, que a futuro analizarán con lupa el impacto social de sus investigaciones. Por otro lado, se hizo evidente mediante el análisis de las mesas redondas, conversatorios y encuentros, que los estudiantes aprendieron a reconocer el humedal como un componente importante del ecosistema y a navegar por el conocimiento de la ciudad. Después del ejercicio los estudiantes reconocen que ningún componente de los que se logró reconocer está aislado, siendo ellos mismos parte de todo este entramado social.

Aprendizajes logrados

Los grandes aprendizajes de esta investigación fueron enriquecedores para los estudiantes, que en el transcurso de sus actividades construyeron portafolios con los resultados y así pudieron reflexionar sobre su avance (Figura 4). De esta experiencia quedan recursos, estrategias y experiencias que los maestros del Oriente antioqueño pueden usar en otros emprendimientos educativos que ayuden a la comunidad a entender y valorar el patrimonio de la biodiversidad que tiene el país. Por ejemplo, son de gran utilidad para estos propósitos, las guías prácticas construidas específicamente por los profesionales, según su disciplina, para su uso en las instituciones educativas (Tabla 3).

Tabla 3. Guías educativas construidas por los diferentes científicos participantes.

N.º	Nombre de la guía	Área del conocimiento
1	Guía de macroinvertebrados acuáticos	Limnología, Ingeniería Ambiental
2	Guía para el estudio del plancton de los humedales	Limnología, Ingeniería Ambiental
3	Guía práctica para la observación de aves en los humedales del Oriente antioqueño	Ornitología
4	Guía práctica para el reconocimiento de las plantas acuáticas	Botánica

Desde la escuela se deben seguir promoviendo este tipo de interacciones entre los actores de la educación, que como se ha mostrado dejan grandes réditos y pueden ser abordados desde el universo conceptual de las competencias a través de un diálogo con el contexto en busca de generar actuaciones creativas, conscientes e innovadoras.

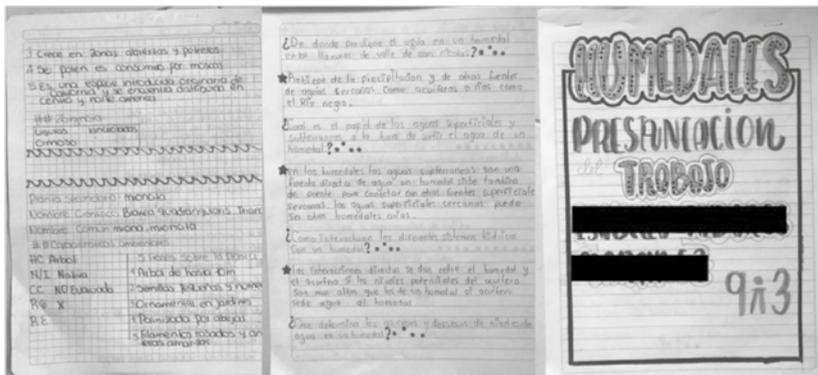


Figura 4. Evidencia de algunas actividades realizadas por los estudiantes.

Se logró reconocer la ciudad como un ecosistema donde se puede y debe actuar de manera ecológica, más aún cuando verificamos que estos ambientes proporcionan servicios ecosistémicos. Prescindir de un ambiente sano es también prescindir de un humano sano, así que este último llamado es para actuar de manera integral valorando y protegiendo la naturaleza, si lo que se desea es seguir disfrutando y aprendiendo de ella. Como lo señala Zapata (2017), Rionegro por sus características propias, debe adelantar las acciones ambientales de manera organizada desde la escuela y la familia para aumentar la conciencia sobre el actuar, buscando un equilibrio entre los procesos de la urbanidad y la ecología, unidos generacionalmente.

Rionegro, como otras ciudades en un proceso de urbanización, tiene la obligación de adelantar acciones que contrarresten el cambio climático. Pero estas acciones tienen que actuar principalmente sobre la conciencia de los sujetos, por lo que es necesario que los ciudadanos asuman responsablemente discusiones con respecto al cuidado del medio ambiente y al quehacer con el aumento constante y desenfrenado en la contaminación (Quijano et al., 2018).

Con respecto a la capacidad de los estudiantes para formular preguntas, se registró una mejoría progresiva, haciéndose estas cada vez más estructuradas y útiles para el proceso de investigación. También se registró cómo, paulatinamente, fueron capaces de realizar procesos complejos que permitieran la comprobación de las hipótesis inspiradas en sus experiencias. Como se ha expuesto, las competencias vienen siendo de un interés creciente para los maestros de Ciencias Naturales, pero como es de esperar, aun cuando el concepto comienza a ser aplicado con unanimidad, presenta variaciones propias de la carga cultural del maestro. Este aspecto lo señala Chona et al. (2005) en su estudio "¿Qué competencias científicas promovemos en el aula?", inspirado en el discurso teórico educativo de Gardner (1993) y Perkins (1992).

De igual manera, es conveniente seguir trabajando en consolidar herramientas que permitan la generación de competencias científicas para el conocimiento del humedal urbano, con miras a generar procesos de conservación a futuro.

La investigación se valió del creciente interés del que vienen siendo objeto los humedales urbanos en el altiplano del Oriente antioqueño, con una comunidad preocupada por el ambiente y un grupo de investigadores asociados a la Universidad, que han venido realizando trabajos en este tema. Al establecer un diálogo de colaboración mutua entre estos actores, la escuela se preocupó por dar nitidez a la imagen del humedal urbano en el imaginario de los estudiantes, como un ecosistema importante en la dinámica de la ciudad, pero que a la vez recibe afectaciones de parte del humano.

Como punto final, después de haber transitado por todas estas experiencias en donde se establecieron nuevos escenarios, obtuvieron materiales valiosos y construyeron acuerdos para trabajos futuros, se llevó a cabo un encuentro con diferentes maestros de Rionegro y otras entidades interesadas en la Catedra Ambiental. Con estos docentes fue socializada la experiencia, además de compartir el material diseñado para el estudio y apropiación de los humedales urbanos como ecosistemas funcionales, materializado en la propuesta educativa “Hilos del agua”.

En conclusión, el actual estado del medio ambiente y los bajos resultados en Ciencias Naturales que se vienen presentando, llevan a que se haga un llamado a los interesados en la educación a unir fuerzas y reevaluar sus prácticas pedagógicas. Hoy es necesario formar para convivir y reflexionar la ciudad. El aumento en la demanda de recursos naturales debe ser atendida desde la escuela para enfocar esfuerzos y acciones que conlleven al conocimiento de la dinámica de los ecosistemas que habitan en nuestras ciudades.

Gámez (2013) comenta que en pro de establecer una educación basada no solo en la memorización, sino también en habilidades y actitudes, los mismos estudiantes deben participar de la construcción del conocimiento, que los acerque y los lleve a apreciar, entre otros aspectos, el ambiente y la cultura de sus contextos.

Referencias

- Acosta, L., V. (2018). *La comunicación como herramienta de cambios de actitud para la reservación del humedal la Tingua Azul*. Fundación Universitaria Los Libertadores.
- Avendaño-Cifuentes, J. L. (2015). *Aplicación de una metodología pedagógica para la enseñanza de la educación ambiental dirigida a los estudiantes de primaria*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Camacho, G., J. P. & Quintanilla Gatica, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: Retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação* (Bauru), 14 (2), 17.
- Causado, E., R. C., Santos C., B. S. & Calderón, S., I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de Ciencias Naturales en una escuela de secundaria. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 4 (2), 17-42.
- CEPAL/UNESCO (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2020), “La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19”, Informe COVID-19 CEPAL-UNESCO, Santiago, agosto.

- Chona, D., G., Arteta Vargas, J., Martínez, S., Ibáñez Córdoba, X., Pedraza, M. & Fonseca Amaya, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? *TEA*, 20(2).
- Cortina, A. (1997). *Ciudadanos del mundo*. (3a ed.). Alianza Editorial.
- Coronado Borja, M. E., & Arteta Vargas, J. (2015). Competencias científicas que propician docentes de Ciencias naturales. *Zona Próxima*, 23, 131-144. Redalyc.
- Eslava, E. (2014). Conceptos, pertinencia y acceso: Una mirada filosófica a la educación en ciencias naturales. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 14(28), 67-82.
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (WWF). (2003). *Humedales designación de sitios Ramsar en territorios de grupos étnicos en Colombia*. Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Freire Lima, L. F., Silva Junior, J. C. & Chapani, D. T. (2018). Conocimientos sobre los insectos manifestado por los estudiantes de octavo y noveno grados de la primaria. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 11(20), 21-28.
- Gardner, R. C., & C Max, F. (2018). Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Convención de Ramsar sobre los Humedales.
- Gámez Sánchez, M. L. (2013). *Diseño e implementación de una estrategia ludico-pedagógica en la enseñanza de las Ciencias Naturales, en la vereda Polecito, zona rural de ataco (Tolima) en los grados 3 y 4 de la básica primaria*. Universidad del Tolima.
- Gardner, H. (2001). *Estructuras de la mente la teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de Cultura Económica.
- Gómez Mercado, R., Beltrán Beltrán, A. K., Rodríguez Ramírez, R., Gonzales Domínguez, S. & Romero Rosales, F. (2017). Crucigrama: Una técnica de aprendizaje de conceptos de resistencia vegetal. *Bol. Soc. Mex. Ento.*, 3, 83-86.
- Henao R, O. (2016). Resignificación de los imaginarios colectivo acerca de las orquídeas como una propuesta pedagógica pertinente para la enseñanza de la biología en un contexto educativo, ubicado en La Vega (Cundinamarca). 10 No.19, 139-154.

- Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son las “Competencias Científicas”? Foro Educativo Nacional.
- Hincapié García, A. & Cardona Estrada, J. J. (2019). *Pedagogía, educación y ciencias sociales Reflexiones de los maestros de Medellín y Antioquia*. (Universidad San Buenaventura).
- ICFES. (2007). *Fundamentación conceptual área de Ciencias Naturales*. Grupo Editorial, ICFES.
- Ladino Martínez, L. M. & Fonseca Albarracín, Y. I. (2010). *Propuesta curricular para la enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel básico con un enfoque físico*. Universidad de los Llanos.
- López Mejías, M., Justiz Guerra, M. & Cuenca Díaz, M. (2013). Métodos, procedimientos y estrategias para memorizar: Reflexiones necesarias para la actividad de estudio eficiente. *Humanidades Médicas*, 13, 805-824.
- López-Rivera, Z. C. (2015). La enseñanza de las Ciencias Naturales desde el enfoque de la Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación ASCTI en la educación básica –media– Teaching Natural Sciences from Social Appropriation of Science, Technology and Innovation SASTI Approach in Primary and Secondary School. *Revista Científica*, 2(22), 75.
- Martínez, M. (2007). *La investigación cualitativa etnográfica en educación: manual teórico-práctico*. México D.F.: Trillas.
- Martínez Miguelez, M. (2006). *Ciencia y Arte en la metodología cualitativa*. Trillas.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2019). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento*.
- Orrego Herrera, L. M., Metaute Vanegas, E. L., Mesa Henao, M. R., Muñoz Torres, I. C. & Zapata Giraldo, J. T. (2014). *Herramienta pedagógica para la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Universidad del Tolima.
- Perkins, D. N. (2008). *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Gedisa.
- Puentes Valbuena, M. A., Sánchez Mongui, L. E., Restrepo Ríos, H., Daza Rodríguez, E. & Gonzalez Cruz, J. E. (1997). *Proceso de educación ambiental comunitaria al rederor del Humedal del Jaboque*. Pontificia Universidad Javerina. https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3212

- Quijano Abril, M. A., Villabona González, S. L., García Duque, J. J. & Gómez Hoyos, A. C. (2018). *Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización*. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Quintanilla, M., Joglar, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuellar, R., Izquierdo, M., & Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿qué piensan los docentes de química en ejercicio? *Investigación Didáctica*, 28(2)
- Santivañez Limas, V. (2017). *Didáctica en la enseñanza de las ciencias naturales: Un enfoque a partir de competencias*. Ediciones de la U.
- Solbes Matarredona, J., Montserrat, R., & Furió Más, C. J. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*.
- Suárez Mendoza, A. D. pilar, Sánchez Ariza, J. P., & Bastidas Velandia, P. Y. (2017). Desarrollo de competencias científicas a partir de las propiedades de la materia. *Educación y Ciencia*, 22, 539-553.
- Zapata, D. M., Barrera, M. X., Naranjo, L. G. & Gómez Charry, R. L. (2017). *Plan de crecimiento verde y desarrollo compatible con el clima para el Oriente antioqueño*. Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare, Fundación Natura, WWF.
- Zona López, J. R. & Giraldo Márquez, J. D. (2017). Resolución de problemas: Escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 13(22), 122-150.



Capítulo 8

**Servicios ecosistémicos en humedales
urbanos del altiplano del Oriente antioqueño:
una visión económica y contable**





■ Servicios ecosistémicos en humedales urbanos ■ del altiplano del oriente antioqueño: una visión ■ económica y contable

Bernardo Andrés Patiño Valencia^{1,2}, Carlos Mario Vargas Restrepo^{1,2},
Diego Andrés Vélez Rivera^{1,2}, Paula Vera Ramírez^{3,4}, María de los Ángeles
Castaño-López^{3,4}.

Introducción

El tratamiento de los ecosistemas naturales como proveedores de bienes y servicios, tanto directos como indirectos para la sociedad en general (Vásquez et al., 2007), responsabiliza a los agentes económicos de la toma de decisiones de uso, así como de los efectos de la intervención antrópica sobre la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos. Asumir responsablemente la gestión de los recursos ambientales implica que aquellos agentes (familias, empresas, Estado, entre otros), valoren los recursos en relación con su bienestar particular y reta a la sociedad contemporánea a encontrar consenso entre los intereses privados y sociales.

Durante las últimas tres décadas, el aumento de la preocupación por el deterioro de los servicios ecosistémicos presente en los territorios se ha posicionado como un tema de obligatorio tratamiento en las agendas de la política pública a nivel nacional e internacional, entre los ecosistemas que concentran mayor atención, se encuentran los humedales. El uso cada vez más frecuente de instrumentos económicos y diagnósticos técnicos para evaluar el estado de dichos ecosistemas,

1 Grupo de investigación FACEA, Universidad Católica de Oriente.

2 Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Católica de Oriente.

3 Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente.

4 Grupo de Investigación Estudios Florísticos, Herbario Universidad Católica de Oriente.

advierte sobre la necesidad de tomar medidas diáfnas hacia la mejora de las acciones para su gestión desde los niveles nacionales y locales en procura de asumir comportamientos culturales, económicos y sociales con miras a su conservación y uso sostenible.

La conceptualización alrededor de los servicios ecosistémicos es relativamente reciente; hacia 1950 el término fue empleado bajo un enfoque ecológico para referirse a un conjunto de procesos que se originan y operan dentro del ecosistema, con referencia mínima al vínculo existente entre los ecosistemas y los sistemas sociales (Braat & de Groot, 2012; Odum, 1971; van Rhijn, 2014). Posteriormente, desde 1970 se introduce al constructo el concepto de funciones utilitarias (De Groot, 1987; Ehrlich & Ehrlich, 1981; Gómez-Baggethun et al., 2010), como reconocimiento de los bienes y servicios ecológicos, económicos y sociales aportados por los ecosistemas (Braat & de Groot, 2012; Gómez-Baggethun et al., 2010; Helliwell, 1969; Odum, 1957).

El uso del concepto de servicios ecosistémicos es definido por Millenium Ecosystem Assessment-MEA (2005) como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas y los agrupa en cuatro categorías: aprovisionamiento (alimento, madera, agua, fibras, recursos ornamentales, recursos genéticos), regulación (regulación de la calidad del aire, del clima, del agua, la erosión, de enfermedades y plagas), soporte (formación de suelo, fotosíntesis, ciclo de nutrientes, ciclo del agua) y cultural (diversidad cultural, valores religiosos y espirituales, recreación, valores estéticos, valores educativos). Con esta propuesta conceptual se redefine la relación del ser humano con el medio ambiente, incorporándolo ya no como un actor externo a los ecosistemas, sino como otro componente, integral, inseparable y dependiente, que además, interviene en su evolución (Challenger et al., 2015; Vera & Villegas, 2018).

Por su parte Boyd & Banzhaf (2007) proponen que es necesario diferenciar entre los procesos y funciones directas e indirectas de los ecosistemas, con el propósito de facilitar el reconocimiento de los beneficios causados por el uso y goce del recurso como bien final, donde servicios ecosistémicos finales son componentes de la naturaleza, directamente disfrutados, consumidos o usados para producir bienestar humano. En este mismo sentido, Fisher et al. (2009) realizan una distinción entre servicios finales y beneficios, entendiendo beneficios como aquello que impacta directamente el bienestar humano. Bajo esta línea, Fisher et al. (2009) y basándose ampliamente en lo propuesto por Boyd & Banzhaf (2007), plantean que los servicios ecosistémicos son "los aspectos de los ecosistemas usados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano", con ello, se destaca que los servicios ecosistémicos incluyen las estructuras de los ecosistemas, los procesos y funciones, siempre y cuando sean consumidos o disfrutados de forma directa o indirecta por el hombre (Fisher et al., 2009).

Como se ha presentado, son varias las definiciones y clasificaciones propuestas en la literatura alrededor de los servicios ecosistémicos; tal como lo plantean Georgiou & Turner (2012), no se acota una definición única o clasificación que sea propia aplicar de manera general para cualquier ecosistema o fenómeno de investigación (de orden teórico o empírico). Para efectos del presente capítulo, la definición de servicios ecosistémicos propuesta por Millenium Ecosystem Assessment-MEA (2005) y Fisher et al. (2009) satisface las dimensiones ecológica, económica y contable que se abordarán a lo largo del texto y se asume como apropiado dicho concepto, en tanto resalta la relación conceptual entre servicios intermedios y finales, además de la interacción humana con los procesos ecológicos propios de los ecosistemas.

En un contexto actual de presiones cada vez más intensas sobre los ecosistemas, en donde los argumentos tradicionales de conservación, justificados en un valor intrínseco de existencia, no están siendo suficientes para detener su deterioro, se hace necesario desarrollar estrategias que permitan resaltar la dependencia del bienestar humano al capital natural, resaltando el papel que desempeñan los ecosistemas en la provisión de bienestar social (Balmford et al., 2002; Daily, 1997; Holdren & Ehrlich, 1974; MEA, 2005; Turner et al., 2003; Westman, 1977).

La vinculación del concepto de servicio ecosistémico (SE) a la gestión de los ecosistemas, podrá ayudar a tomar decisiones más informadas, eficientes, equitativas y sostenibles, sobre el uso de la tierra, la gestión de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que estos suministran (Vera & Villegas, 2018).

Con respecto a los humedales como ecosistema estratégico, Ramsar (2006) define que son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda más de seis metros (Quijano-Abril et al., 2018). En estos ambientes, la riqueza biológica que albergan, se convierte en una reserva genética que permite garantizar funciones ecológicas y el suministro de una amplia variedad de servicios ecosistémicos, como regulación hídrica, control de inundaciones, regulación de clima, provisión de agua, recreación y producción de alimentos (Braat & de Groot, 2012; Costanza et al., 1997; McInnes, 2013; Mitsch & Gosselink, 2000; Zhang et al., 2017).

Para el caso de Colombia se ha reconocido que, en concordancia a lo reportado en la literatura internacional (Asselen et al., 2013; MEA, 2005), las prácticas de desarrollo urbano, crecimiento de la población y el consumo de los recursos naturales que se han producido desde mediados del siglo XX, han contribuido al deterioro de los humedales (McAlpine et al., 2009; Meyfroidt et al., 2013; Ricaurte et al., 2017). Además de problemas complejos relacionados con la explotación de hidrocarburos, recursos mineros y el conflicto armado (Caselli et al., 2015). Es así como los humedales se han visto transformados y degradados, reduciendo su capacidad para entregar servicios ecosistémicos (Camargo, 2012; Márquez, 2005; Ricaurte et al., 2012).

Los humedales del Oriente antioqueño no han sido ajenos a las amenazas contra las que se encuentran expuestos estos ecosistemas en el mundo y en Colombia, específicamente los humedales ubicados en el altiplano del Oriente antioqueño; debido a su cercanía a centros urbanos altamente poblados, se han visto expuestos a una serie de transformaciones antrópicas asociadas al crecimiento demográfico, lo que ha llevado a una mayor demanda ocupacional, un incremento creciente en la construcción de vías y otras alternativas en el uso del suelo que afectan la conservación de los humedales como ecosistemas estratégicos (Quijano-Abril et al., 2018).

Aunque se han reconocido los beneficios que la existencia de los humedales brindan a la sociedad, la gestión de estos ecosistemas que resultan estratégicos para los territorios pareciera no ser asertiva en tanto no garantizan la subsistencia de los mismos (Gardner et al., 2015; Zhang et al., 2017). Debido principalmente desarrollo al urbanístico acelerado, expansión de la frontera agrícola, inadecuada disposición de residuos sólidos, entre otros usos alternos (Turpie et al., 2010).

En correspondencia a la preocupación expuesta, el presente capítulo constituye un ejercicio de análisis conceptual y empírico de tipo exploratorio sobre los bienes y servicios ambientales provistos por algunos humedales en el altiplano del Oriente antioqueño. Asimismo, se reconocen los avances que en la literatura especializada se observan sobre el estudio de los humedales como ecosistemas estratégicos, desde una visión económica y contable. Finalmente se identifican los principales actores sociales involucrados en la toma de decisiones de uso o conservación de estos ambientes.

Para dar cuenta de los avances técnicos que permiten identificar la existencia de servicios ecosistémicos de los humedales, el progreso de las aplicaciones de valoración económica y su abordaje contable, se empleó una revisión analítica de literatura, a través de la consulta en bases de datos, para identificar actores o grupos de interés que intervienen en las decisiones que conllevan a su uso o conservación. Además, se recurre nuevamente a la consulta de expertos para validar la existencia de ciertos servicios ecosistémicos, evidenciados en la literatura y que podrían estar presentes en el área de estudio.

Conceptos generales

Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos

La generación de información económica para el análisis de los servicios ecosistémicos busca elegir la mejor alternativa de uso actual y a su vez la sostenibilidad de los flujos de bienes y servicios provistos por el medio ambiente. Dicho análisis toma posturas asociadas a las beneficios resultantes por la utilización o uso de los bienes y servicios en las acciones económicas de consumo

y producción, además del bienestar individual generado por la interacción de los agentes económicos con el ecosistema (Haab & McConnell, 2013). La anterior postura desde el concepto económico tradicional de valor, permite apoyarse de la valoración económica del medio ambiente y de los recursos naturales como una herramienta para la toma de decisiones hacia la mejora de la gestión de los recursos ecosistémicos territoriales (Acquatella & Bárcena, 2005).

La valoración económica del medio ambiente permite disponer de un indicador de la importancia de dicho medio con respecto al bienestar de la sociedad (Azqueta, 1994). El desarrollo de la valoración económica puede convertirse en una herramienta para la gestión de los recursos ecosistémicos de interés estratégico para los territorios. Generalmente el entendimiento de los elementos que permiten la aplicación de la valoración económica, parte del concepto de "valor económico total (VET)", como elemento determinante en la percepción económica del capital natural (Vásquez et al., 2007).

El reconocimiento del valor de los sistemas naturales y su incidencia como soporte de toda actividad de producción y consumo, permite argumentar que la degradación de los activos naturales implica una pérdida (costo) de valor económico, que tiene efectos sobre el bienestar social. Por el contrario, conservar dichos sistemas contribuye al aumento del bienestar mismo de la sociedad. La valoración económica del capital natural permite expresar en términos monetarios dichos costos o beneficios, en aras de elegir de manera más asertiva el uso alternativo del ecosistema en análisis, en procura del cuidado del bienestar de todos los agentes sociales (Bishop & Freeman, 1996).

Con la necesidad de expresar el valor que el ecosistema representa para los agentes económicos, el VET se define como la sumatoria de los valores presentes netos descontados producidos por todos los flujos de bienes y servicios ambientales en un territorio, considerados o estimados en un espacio de tiempo determinado (Bishop & Freeman, 1996). Dicho concepto de valor reconoce el medio ambiente como un sistema integrado de recursos que propician la producción de determinados flujos de bienes y servicios ambientales. En estos ecosistemas, la existencia de diferentes valores económicos atribuibles, plantea una duda razonable entre la conveniencia de implementar acciones de intervención en los sistemas naturales (lo que impacta negativamente el estado, calidad y disponibilidad del capital natural) y la posibilidad de mantener invariante dichos sistemas (conservación) (Bishop & Freeman, 1996; Hanemann, 1984; Hanley et al., 1997; Pearce & Turner, 1990).

Para aproximarse a una definición más directa de VET se emplea una ecuación simple que indica la suma de valores de uso (VU) más los valores de no uso (VNU). En esta ecuación, la medida de bienestar recomendada para la captura de dichos valores es la Disposición a Pagar (DAP) o Disposición a Aceptar (DAA)

de las personas que tienen algún tipo de preferencia por el bien ambiental. Estos pueden ser usuarios o no usuarios actuales del recurso (Hanemann, 1984). Según los expresan Pearce & Turner (1990), VU (valor de uso) está compuesto por valores de uso directo (VUD), valores de uso indirecto (VUI) y valores de opción (VO), y el VNU (valor de no uso) comprende la suma entre los valores de legado (VL) y los valores de existencia (VE) (Barbier et al., 1997; Bishop & Freeman, 1996; Pearce & Turner, 1990). La Figura 1 muestra la estructura y conformación del VET desde lo que refiere (Uribe et al., 2003)

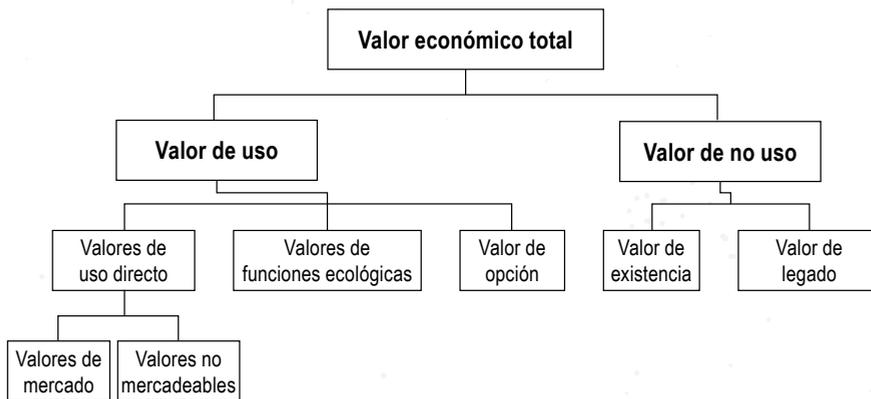


Figura 1. Composición del valor económico total (VET).

Fuente: Tomado de (Uribe et al. 2003).

El conocimiento básico de la estructura del VET permite identificar la base de la estrategia que usa la valoración económica, la cual parte de la identificación de los flujos de bienes y servicios ecosistémicos, luego se asocian los valores económicos de uso o no uso, con énfasis en sus diferentes categorías, a dichos flujos. Una vez identificados estos valores, se definen los agentes económicos que interactúan con los servicios ecosistémicos y se estima la DAP de estos agentes por el uso o conservación de la cantidad o calidad actual de bienes ecosistémicos. Las metodologías que se mencionan a continuación dan cuenta de los tipos de estrategias empleadas para la estimación de las DAP de los individuos y la sociedad.

Metodologías de valoración de bienes y servicios ecosistémicos

La valoración económica de bienes ambientales considera dos enfoques básicos para aproximarse a la estimación de la DAP (DAA) individual y social: de un lado el enfoque de preferencias reveladas supone que el bien o los servicios ambientales objeto de análisis, poseen alguna relación de complementariedad o sustituibilidad con algún bien de mercado, por lo que es posible emplear la información económica proveniente de dicho bien de mercado para estimar el valor económico del recurso ambiental sujeto de valoración (Uribe et al., 2003).

De otro lado, se plantea el enfoque de preferencias declaradas en el cual se construyen escenarios que recrean una situación de uso o conservación del recurso ambiental, como estrategia para identificar el valor económico que los individuos le asignan al bien objeto de estudio (Bateman et al., 2002; Hanley, Wright & Adamowicz, 1998). En la Figura 2 se muestran los principales métodos de valoración económica de bienes y servicios ambientales, así como la técnica de transferencia de beneficios que constituyen una herramienta de valoración alternativa de los valores económicos de los bienes y servicios ambientales.

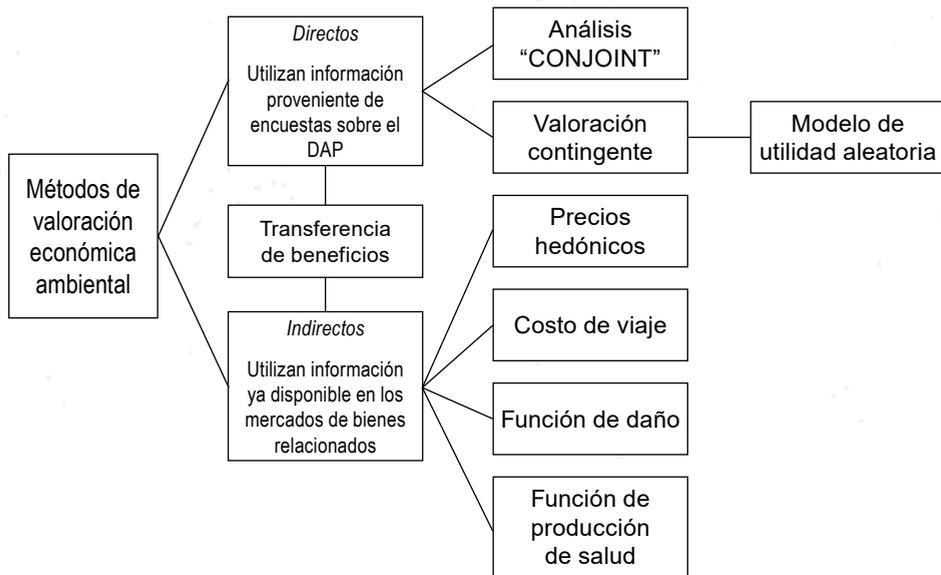


Figura 2. Metodologías y métodos de valoración económica

Fuente: Tomado de Patiño (2020).

Las metodologías presentadas en la Figura 2 parten del reconocimiento de los valores económicos contenidos en los flujos de bienes y servicios ambientales, sus usos o en ocasiones su sola existencia. Esta se relaciona con la generación de beneficios futuros para los individuos de una sociedad y por tanto para la sociedad en su conjunto, lo cual es coincidente con los argumentos del VET (Uribe et al., 2003).

Además de los métodos tradicionales de valoración económica, ya sean directos (preferencias declaradas) o indirectos (preferencias reveladas), se dispone de una técnica que se emplea como recurso de valoración en condiciones específicas. En esta se dispone de valoraciones o abundante información económica del bien ambiental objeto de análisis, ya sea en el sitio exacto de investigación o en otro lugar donde se identifiquen similitudes o equivalencias ecosistémicas y socioeconómicas.

Esta técnica denominada transferencia de valores económicos (transferencia de beneficios) permite desarrollar un proceso de adaptación de información derivada desde una investigación original para la aplicación de esta en un contexto diferente de estudio (Rosemberger & Loomis, 2003). Así, la transferencia de beneficios permite evaluar el impacto de intervenciones sobre el medio ambiente (acciones de conservación o uso), cuando no es posible aplicar directamente técnicas de valoración debido a restricciones presupuestarias y temporales (Osorio, 2006). En las condiciones antes mencionadas y con un correcto desarrollo técnico, la transferencia de valores económicos constituye una aproximación práctica y adecuada del valor económico de los beneficios o costos de una determinada acción, que impacte un recurso medioambiental (Richardson et al., 2015).

Las anteriores referencias asociadas a la existencia de herramientas para la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos reconocen que dichos bienes y servicios son proveedores de bienestar social y valor económico. Por tal razón, son susceptibles de ser considerados activos estratégicos para las comunidades y las territorialidades. En tal sentido, los flujos de bienes y servicios ambientales, presentes en los ecosistemas, son en sí mismos generadores de valores que hacen parte del acervo de riqueza de una territorialidad. Sin embargo, no es común encontrar "inventariado" de manera sistemática y ordenada aquella riqueza natural.

Con el propósito de reconocer la necesidad de disponer de información ordenada sobre la cantidad de bienes y servicios ambientales presentes en un espacio territorial, se trae a discusión el concepto de contabilidad ambiental como herramienta complementaria a la valoración económica de bienes ambientales, así como del instrumento de gestión de los recursos ecosistémicos, el cual está en capacidad de dar cuenta de la realidad del medio ambiente desde la disciplina contable.

Elementos de contabilidad ambiental

Antes de esbozar una definición de contabilidad ambiental, conviene recordar la concepción general de contabilidad como vía que permita desvelar la relación de esta disciplina con el medio ambiente. En tal sentido y siguiendo a Cañibano-Calvo (1990), la contabilidad es una ciencia de naturaleza económica que tiene por objeto producir información para hacer posible el conocimiento pasado, presente y futuro de la realidad económica, en términos cuantitativos, a todos sus niveles organizativos. Esto se logra mediante la utilización de un método específico apoyado en bases suficientemente contrastadas, con el fin de facilitar la adopción de las decisiones financieras externas y las de planificación y control internas (Cañibano-Calvo, 1990).

Si bien es cierto que el concepto tradicional de contabilidad se encuadra en la representación de la realidad económica (o mejor financiera) de las organizaciones, su potencial es mayor al estar en capacidad de intervenir y representar otros hechos de naturaleza social, ambiental, cultural, fiscal, entre otros. Esto connota una especial relevancia al considerar los conflictos sociales y ambientales que afectan a las sociedades actuales: desigualdad socioeconómica y concentración de la riqueza, devastación ecológica, calentamiento global, informalidad, sistemas de protección social débiles, entre otros. Estas problemáticas demandan el análisis y aportes de diferentes campos de conocimiento, entre ellos la contabilidad, en orden de encontrar vías o mecanismos de atenuación de estas.

En línea con lo anterior, Mattessich (2002), en su teoría general de la contabilidad, planteó que esta disciplina no se circunscribe solamente al nivel microeconómico (contabilidad de las empresas o entidades gubernamentales), sino que también abarca sistemas macrocontables, tales como los sistemas de cuentas nacionales, registros de la balanza de pagos o de flujos monetarios. Por otra parte, el producto principal de la actividad contable está constituido por información destinada a usuarios tanto internos, como externos. Es por esta razón que no se puede limitar solo a cifras financieras, pues también puede estar constituida por información cualitativa o de tipo no monetario, la cual contribuye a revelar algunos hechos y permitir la comprensión de dinámicas, impactos y retornos sociales de la actividad económica.

El hecho de que la contabilidad atienda los requerimientos de diferentes usuarios implica que debe intervenir y representar diferentes hechos, no solo los financieros, sino también aquellos de índole fiscal, social, ambiental, de gestión o de productividad, entre otros. Considerando esta polisemia estructural, la contabilidad ha configurado diferentes subsistemas en orden a representar tales hechos, como el de contabilidad financiera, contabilidad administrativa, contabilidad tributaria, contabilidad social o contabilidad ambiental, entre otras.

Los planteamientos expuestos hasta este punto permiten señalar que la contabilidad va más allá de aspectos financieros, económicos y administrativos de la sociedad, es decir, traspasa estimaciones, medidas e información económico-financiera. Actualmente, la contabilidad no gira solo en torno a números y beneficios económicos, sino también en torno al beneficio y bienestar social (Araújo et al., 2019). Dicho bienestar, es sabido se ve circunscrito a la interacción de la sociedad con los ecosistemas y el medio ambiente, por lo que las transformaciones antrópicas en los entornos naturales constituyen el fundamento de la emergencia y desarrollo del subsistema de contabilidad ambiental (principalmente desde la década del noventa), en tanto se requiere información del stock de bienes y servicios ecosistémicos activos sociales (Araújo et al., 2019).

Se hace importante subrayar que el objeto y alcance de la contabilidad ambiental trasciende los propósitos y técnicas empleados para el procesamiento de información de carácter eminentemente financiero (Figura 3). En efecto, debe concebirse a la contabilidad ambiental como un subsistema contable estructurado sobre una base comprensiva, diferente de los principios y normas contables de general aceptación, cuyo propósito es suministrar información relacionada con los impactos y acciones ambientales de una organización o con la gestión de recursos ambientales. Si bien dicha información puede ser monetaria, gran parte de esta puede corresponder a información no monetaria.

De acuerdo con lo anterior, los desafíos ambientales de nuestra época permiten que la contabilidad intervenga como eje facilitador para la identificación, registro y control de todas las acciones previstas para mitigar el impacto ambiental (Higuera et al., 2017). En tal sentido, la contabilidad permite intervenir conflictos ambientales a partir de la preparación de información cuantitativa y cualitativa, financiera y no financiera, lo cual promueve los ejercicios de planeación, control, toma de decisiones, rendición de cuentas, valoración económica y análisis costo beneficio (ACB).

De otro lado, Bischhoffshausen (1997), señala que la contabilidad ambiental puede designar diferentes conceptos: cuentas nacionales, contabilidad financiera o contabilidad administrativa. El primer concepto refiere a la incorporación del ambiente dentro del sistema de cuentas nacionales (SCN), implementado por los estados, identificando por separado los gastos asignados al medio ambiente e incorporando los activos ambientales y "los cambios que experimentan en las cuentas de oferta, utilización y activos del SCN" (ONU-PNUMA, 2002). En segundo lugar, el reconocimiento del medio ambiente dentro del subsistema de contabilidad financiera tiene un alcance reducido, en la medida en que solo se agregan al proceso contable convencional de las empresas, aquellas partidas o gastos principalmente, orientados a la preservación del medio ambiente (i.e. campañas ambientales, separación de residuos), cierto tipo de inversiones que cumplen los criterios de reconocimiento como activo inmovilizado, material (plantas de tratamiento de aguas residuales o paneles solares, entre otros), o determinados pasivos ambientales derivados de la responsabilidad legal de las empresas, por desarrollar actividades económicas con afectación directa sobre el medio ambiente (provisiones por desmantelamiento y restauración de terrenos por parte de empresas minero-energéticas). En tercer término, la contabilidad ambiental vinculada a la contabilidad administrativa se constituye en una herramienta de gestión organizacional en tanto vincula al menos dos dimensiones: costos privados, referentes a los costos que tienen un efecto directo sobre los resultados de la empresa y, costos sociales, es decir, costos internalizados por las empresas asociados a las personas, la sociedad y la naturaleza (Bischhoffshausen, 1997). De acuerdo con Debnath et al. (2011), este

tercer concepto de contabilidad ambiental, también denominado contabilidad de gestión ambiental, ha registrado un crecimiento importante desde el año 2000, pasando de la contabilidad ambiental corporativa a un área de estudio independiente, que refiere a “un sistema compuesto por métodos y técnicas que se pueden utilizar para recopilar y proporcionar información a la gerencia, que puede ser útil para la toma de decisiones internas ambientalmente sensibles” (Debnath et al., 2011). Dicha información está relacionada con consumos de energía, agua, recursos naturales, disposición de recursos, costos ambientales, ahorros, entre otros.

Considerando estos conceptos y el propósito de este trabajo, se apropiará esta tercera concepción de la contabilidad ambiental vinculada a la contabilidad administrativa gubernamental, en tanto se pretende aportar información ambiental “útil” en relación con los humedales ubicados en el municipio de Rionegro. Se espera que la información aquí suministrada facilite la toma de decisiones y los procesos de control por parte de diferentes entes territoriales y de la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare), en relación con la gestión de estos. Lo que se corresponde con la condición de tenencia de los humedales como un activo ambiental, el uso de información cualitativa y cuantitativa para ejercer la capacidad de reconocimiento del activo ambiental, limitar las concesiones de explotación y la facultad sancionatoria.

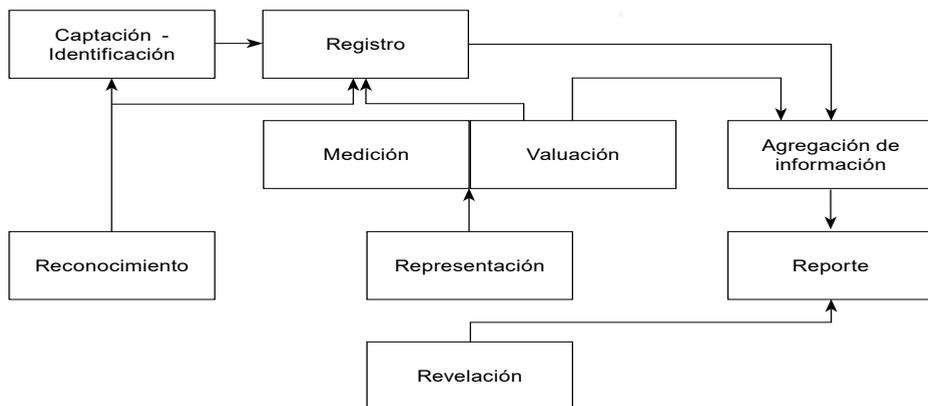


Figura 3. Proceso contable.

El proceso general que se sigue en la actividad contable está constituido por cuatro fases básicas (Figura 3): La primera fase es la captación que tiene que ver con la identificación del hecho que se va a incorporar al proceso. Para el caso, el hecho se corresponde con los humedales, los servicios ecosistémicos asociados a los mismos y los impactos o costos generados por la intervención de estos ecosistemas. La segunda fase se refiere al mecanismo de registro del hecho ambiental (humedal).

Estas dos fases también se conocen como la actividad de reconocimiento del hecho ambiental. La tercera fase de agregación de información permite sistematizar, sintetizar y consolidar la información para su posterior comunicación. La cuarta fase se denomina registro y agregación de la información, en la cual se deben adelantar los procesos de medición y valuación (valoración) de los hechos. Ahora bien, para efectos del registro y agregación de la información se deben adelantar los procesos de medición y valuación (valoración) de los hechos.

La valuación o valoración, en cambio, implica la representación de los fenómenos cuantificados (medidos) en términos monetarios (Vargas et al., 2018), es decir, el valor que se atribuye a los hechos de acuerdo con los criterios del mercado u otros criterios tales como el uso o expectativas de uso, tradiciones, ideologías, cultura, entre otros. Para el caso, mientras la medición tiene que ver con la cuantificación de los servicios ecosistémicos asociados a los humedales en términos de cantidades y/o magnitudes, la valoración concierne a la asignación de valores monetarios a tales servicios.

Cabe realizar dos advertencias en relación con el proceso de valoración. La primera es que no todos los hechos, servicios ecosistémicos para el efecto, son valorables, bien sea por la inexistencia de mercados activos para tales hechos o carencia de información para contrastar y asignar valores. La segunda se refiere a que la valoración de servicios ecosistémicos considera la apropiación de metodologías desarrolladas en la ciencia económica con las cuales se busca dotar a la información del atributo de "utilidad" para que los diferentes grupos de interés, principalmente sociedad y Estado, puedan ejercer vigilancia y control. Por último, la fase de reporte o revelación, refiere a la comunicación de la información (cualitativa y cuantitativa) relacionada con el hecho ambiental para que sea utilizada por los diferentes usuarios.

Ahora, la reflexión que el análisis económico realiza sobre las problemáticas ambientales, aborda la identificación de los recursos ecosistémicos como proveedores de bienes y servicios ambientales, la necesidad de generar información sistemática y ordenada de dichos servicios y valorar el bienestar generado por el medio ambiente proyectado hacia el estado de la calidad de vida de la sociedad en general. Así, es la misma sociedad y sus grupos de interés la que establece relaciones de uso a aprovechamiento de los recursos ecosistémicos, como también la disposición de conservación de estos. Lo anterior implica reconocer dichos actores, grupos de interés o stakeholders, como colectivos que afectan positiva o negativa mente la calidad y cantidad de bienes y servicios ecosistémicos dispuestos en el territorio, a partir de la manera como se relacionan con los recursos naturales. A continuación, se abordará de manera general el concepto de actores o stakeholder, como elemento de interés para el entendimiento de la relevancia de la interacción de los colectivos sociales con los recursos ambientales dispuestos en el territorio.

Análisis de actores o de stakeholder

Cuando se aborda el concepto de análisis de grupo de interés, actores, stakeholder, entre otros similares, en la mayoría de los casos la pretensión gira entorno a la búsqueda de una solución o alternativa justa para aquellos que se encuentran afectados por una situación común, más aún, cuando se aborda el tema de los bienes comunes, en este caso los humedales. Sería simplista considerar solo aquel involucrado que por incentivos económicos o intereses individuales puede actuar sobre el recurso. En palabras de Vásquez et al. (2007), la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales es una tarea inevitable que está directamente relacionada con la definición de valor, y que descansa sobre aquel que posee o tiene poder sobre este.

Si se permite adaptar la propuesta de Mitchell et al. (1997), al objeto de estudio, se podría decir que los actores involucrados en el presente manuscrito son incluidos, pues de una u otra forma pueden identificarse con los atributos de poder, legitimidad y urgencia que proponen los autores mencionados (Mitchell et al., 1997). El poder lo ejercen para influir sobre la afectación del bien, la legitimidad determina el grado de relación que el actor guarda con el bien y obliga a otros a reconocerlos. Por último, la urgencia responde a la pretensión concreta o grado de involucramiento con el recurso. Determinando el, o los atributos más apropiados, es posible establecer la dirección que la sociedad o las instituciones deberían asumir.

Cuando se decide reconocer y validar las partes interesadas en dinámicas ambientales y ecológicas, es común que se acuda a representantes de comunidades o líderes de juntas de acción comunal, organizaciones no gubernamentales (ONG) o autoridades de corte institucional (administraciones municipales, universidades, instituciones religiosas, entre otras). No obstante, esta posición no permitiría comprender de manera integral las características propias del recurso: su ubicación, los servicios, las limitaciones y los beneficios generados. Sin mencionar que no vincularían aquellos actores con atributos de legitimidad o urgencia, quienes por su condición se encuentran en una relación de afectación directa. En conclusión, es determinante la participación de la mayor cantidad de actores, pues brinda una realidad que complementa los argumentos que pueden tener aquellos actores con atributos de poder implícitos.

Para que los actores logren un reconocimiento objetivo y racional en materia ambiental y que sus propuestas puedan escalarse a otros estamentos normativos o directivos en relación a los beneficios o limitaciones que el ecosistema evaluado requiere (para efectos del presente trabajo, los humedales), se debe avanzar siguiendo principios de participación e involucramiento ciudadano, en donde los resultados dejen de lado las percepciones subjetivas y logren sostener sus

posiciones basados en el análisis de información recolectada en los ejercicios de participación e involucramiento. Se presenta un problema cuando se procede sin un método de participación de actores o de recolección de información riguroso, pues al no contar con procedimientos suficientemente sólidos, los costos sociales suelen ser generalmente altos. No obstante, en algunas ocasiones la información subjetiva puede ser viable cuando los efectos de la decisión tomada no generan impactos negativos en las comunidades intervenidas (Uribe et al., 2003).

Una vez expuestos los elementos conceptuales generales y constructos teóricos que guían este capítulo, se reconoce la relación estrecha entre la existencia de bienes y servicios ecosistémicos dispuestos en los espacios naturales, la interacción social con dichos espacios y la necesidad expresa de recolectar información técnica que permita acciones de gestión del medio ambiente. La referencia a los elementos generales del concepto de servicios ecosistémicos, sienta las bases para mencionar la existencia de métodos y técnicas económicas y contables que faciliten la interacción sostenida con los ecosistemas y el reconocimiento del ecosistema como un proveedor de activos ecológicos, económicos y contables para los diferentes grupos de interés de la sociedad. A continuación, se abordan elementos metodológicos para el análisis de los humedales, un ecosistema estratégico de interés para el análisis ecológico, económico y contable en el marco de las interacciones de los grupos de interés asociados al territorio del Oriente antioqueño.

Metodología

El presente trabajo corresponde a un estudio exploratorio de corte cualitativo, que constituye un análisis conceptual con un contraste empírico sobre los humedales en el altiplano del Oriente antioqueño. Con el propósito de abordar de manera clara desde la visión económica y contable los servicios ecosistémicos provistos por los humedales del altiplano, se desarrolla una revisión analítica de literatura para identificar aquellos servicios imputables a los humedales. Posteriormente, mediante el uso del mismo método, se abordaron los avances conceptuales y empíricos sobre la valoración económica de bienes y servicios ambientales, así como de la contabilidad ambiental y su potencial en el estudio de los humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño.

Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a la generación de iniciativas que busquen la aplicación de métodos de preferencias reveladas, preferencias declaradas o transferencia de beneficios y así poder sugerir futuras estrategias para la monetización de los servicios ecosistémicos de los humedales del altiplano.

Posteriormente, se aplicó la técnica de grupo focal para consultar a 15 expertos en áreas de: 1) ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines, 2) matemática y ciencias naturales, 3) ciencias sociales y humanas y 4) agronomía, veterinaria y afines. Se consultó sobre su percepción con respecto a los servicios ecosistémicos imputables a los humedales presentes en el altiplano del Oriente y se utilizó esta misma estrategia (grupo focal), para el reconocimiento de los actores o stakeholder más relevantes que interactúan con los humedales del altiplano.

Para la identificación de servicios ecosistémicos de los humedales, se procedió con la selección de artículos y de material investigativo que involucraran en su desarrollo temático palabras clave como: servicio del ecosistema, servicios ecosistémicos y humedal. Estas búsquedas se realizaron en bases de datos nacionales e internacionales, donde se identificaron al menos 20 artículos de relevancia para el presente estudio. A partir del análisis de los trabajos referidos y contrastando los servicios reconocidos en ellos, se definió un listado de los servicios ecosistémicos de estudio frecuentes en los humedales.

Sobre la valoración económica y la contabilidad ambiental, se consultaron las siguientes bases de datos: EBSCO, Science Direct, Springer, Jstor y Google Scholar. Se emplearon los operadores booleanos AND/"/"" para acotar el volumen de estudios determinados en la búsqueda inicial, además de criterios generales de búsqueda como: 1) se privilegiaron categorías como ciencias económicas y estudios medioambientales, 2) se excluye material asociado a documentales, seriales, reportes y se privilegian revistas científicas y libros resultado de investigación, 3) se privilegia la lectura de los trabajos más citados en las mencionadas bases de datos.

Finalmente, se realizó un análisis de actores o de grupos de interés (stakeholders) de los humedales del Oriente antioqueño y su papel positivo o negativo en la conservación o uso de los recursos provenientes de estos ambientes. Este análisis se realizó a partir de la consideración de factores como:

- 1) Actores involucrados.
- 2) Prioridad, Poder y Ponderación: El término prioridad hace relación a la urgencia y la legitimidad que tiene el actor sobre la actividad del bien objeto de estudio. Poder es la capacidad de tomar decisiones sobre el bien. Ponderación, es la sumatoria de los dos anteriores, la cual determina la razón y el orden en que deben ser intervenidos.
- 3) Razón de inclusión.
- 4) Tipo de actor: Voluntario, Involuntario, Positivo y Negativo. Dicha estrategia y factores utilizados para la identificación y análisis de actores se desarrolla a partir de la propuesta de análisis de actores planteada por Nicholls et al. (2009).

Resultados y Discusión

Servicios ecosistémicos en humedales del altiplano del Oriente antioqueño

Se realizó una revisión de literatura publicada entre 1998 y 2020 (Tabla 1), en la cual se evidencia la existencia de un volumen amplio de estudios sobre los servicios ecosistémicos generados por los humedales. Como elemento a resaltar de los estudios analizados, se percibe la permanencia de la categorización de los servicios ecosistémicos de los humedales clasificados en las categorías de servicios de regulación, servicios de soporte, servicios de aprovisionamiento y servicios culturales, definidos por MEA, clasificación anteriormente referida (MEA, 2005).

Tabla 1. Resultado de la búsqueda en bases de datos
(Servicios ecosistémicos en humedales).

Base de datos	Concepto	Resultado de la búsqueda	Operadores booleanos	Resultado nueva búsqueda	Periodo publicación
Google Scholar	Servicios ecosistémicos en humedales	11600	AND/" "	1500	2006-2021
EBSCO	Wetland ecosystem services	141358	AND/" "	89014	2000-2021
EBSCO	Servicios ecosistémicos en humedales	408	AND/" "	150	2000-2020
Science Direct	Wetland ecosystem services	26181	AND/" "	2630	1998-2022
Jstor	Wetland ecosystem services	9419	AND/" "	20	1980-2021

La revisión de literatura permite referirse no solo a la identificación de diferentes tipologías empleadas para agrupar los bienes y servicios ambientales provistos por los humedales, además permite referir una serie de servicios ecosistémicos precisos como contribución de los humedales al bienestar social (Tabla 2).

Tabla 2. Servicios ecosistémicos provistos por los humedales según la revisión de literatura.

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico provistos
Servicios de regulación	Control de inundación/Reducción de Desastres
	Mantenimiento de la calidad del aire
	Mantenimiento de regímenes hidrológicos
	Abastecimiento de agua para diversos usos
	Polinización
	Filtración del agua
	Control de la erosión Control biológico de plagas y enfermedades.
Servicios de soporte	Regulación climática
	Mantenimiento de la biodiversidad
	Hábitat para especies
	Ciclo de nutrientes
	Formación de suelo
	Diversidad biológica
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos para humanos
	Agua para consumo humano
	Agua para alimento de animales
	Agua para riego
	Agua para la industria
	Forraje para ganado
	Plantas y animales ornamentales
	Leña
	Plantas y/o animales medicinales
	Materiales para elaboración de artesanías
	Recursos o materiales genéticos

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico provistos
Servicios Culturales	Valores estéticos y de "sentido del lugar"
	Calidad paisajística
	Avistamiento de aves
	Ecoturismo
	Valor patrimonial de los humedales
	Actividades y oportunidades educativas
	Inspiración

Las tipologías planteadas en la Tabla 2 permiten agrupar los servicios ecosistémicos de los humedales e indicar una serie de servicios específicos para cada una de estas. Luego se emplea este esquema tipológico para desarrollar, mediante la técnica de grupo focal, un ejercicio de reconocimiento de los tipos y servicios ecosistémicos específicos que se perciben en los humedales del altiplano del Oriente antioqueño. Como instrumento de recolección de la información generada por los expertos presentes en el grupo focal, se aplicó un formulario semi estructurado con dos bloques de preguntas: 1) se indagó por el nivel de experiencia y área particular de trabajo o campo temático del experto y 2) se pide reconocer de un listado de 32 servicios ecosistémicos, cuáles estarían proporcionados por los humedales presentes en el altiplano. El listado se distribuyó en las cuatro tipologías mencionadas (servicios de regulación, servicios de soporte, servicios de aprovisionamiento y servicios culturales). Los servicios provistos por los humedales fueron agrupados de la siguiente manera: ocho pertenecen a servicios de regulación, seis a servicios de soporte, once a servicios de aprovisionamiento, y siete corresponden a servicios culturales.

Tabla 3. Indicadores y ponderadores de importancia

Nombre del ponderador	Ecuación/ponderador	Indicador	Valor
Ponderador de Importancia por tipo	$PIT = (\sum IR) / NSE$	NSE servicios de regulación	8
		NSE servicios de soporte	6
		NSE servicios de aprovisionamiento	11
		NSE servicios de culturales	7

Nombre del ponderador	Ecuación/ponderador	Indicador	Valor
Ponderador de Importancia por servicio	$PIT = (IR / \sum SET) * 10$	SET	32

IR=Indicador de reconocimiento, PIT= Ponderador de importancia por tipo; PIS=Ponderador de importancia por servicio; NSE= número de servicios ecosistémicos por tipo; SET= servicios ecosistémicos totales.

Los resultados de la recolección de información generada a partir de la opinión de expertos, con relación a los servicios ecosistémicos provistos por los humedales del altiplano, se presentan en las Tabla 4-7. En estas se emplea un indicador de reconocimiento (IR), que corresponde al número de expertos que consideran que cierto servicio ecosistémico particular es provisto por los humedales (varía entre cero y quince, donde quince es el número total de expertos consultados). Con base en el indicador mencionado, se construyen dos ponderadores de importancia relativa: 1) según el tipo de servicio ecosistémico (PIT), que genera un puntaje comparable con los demás tipos de servicios evaluados, 2) ponderador de importancia por servicio (PIS), que facilita la comparación entre los resultados referentes a los diferentes servicios ecosistémicos (Tabla 3).

Tabla 4. Servicios de regulación en humedales del Oriente antioqueño/consulta a expertos

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico	IR	PIT	PIS
Servicios de regulación	Control de inundación/Reducción de Desastres	15	8,9	4,7
	Mantenimiento de la calidad del aire	8		2,5
	Mantenimiento de regímenes hidrológicos	11		3,4
	Abastecimiento de agua para diversos usos	8		2,5
	Polinización	8		2,5
	Filtración del agua	9		2,8
	Control de la erosión	6		1,9
	Control biológico de plagas y enfermedades.	6		1,9

IR=Indicador de reconocimiento, PIT= Ponderador de importancia por tipo; PIS=Ponderador de importancia por servicio.

Según la percepción de los expertos consultados (Tabla 4), aquellos servicios de regulación con mayor presencia en los humedales del altiplano, son: control de inundaciones y reducción de desastres, seguido por mantenimiento de regímenes hidrológicos.

Tabla 5. Servicios de soporte en humedales del Oriente antioqueño/consulta a expertos

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico	IR	PIT	PIS
Servicios de soporte	Regulación climática	8	10,8	2,5
	Mantenimiento de la biodiversidad	15		4,7
	Hábitat para especies	14		4,4
	Ciclo de nutrientes	11		3,4
	Formación de suelo	4		1,3
	Diversidad biológica	13		4,1

IR=Indicador de reconocimiento, PIT= Ponderador de importancia por tipo; PIS=Ponderador de importancia por servicio.

Sobre los servicios de soporte, se destaca por parte de los profesionales consultados que mantenimiento de la biodiversidad, hábitat para especies, diversidad biológica y ciclo de nutrientes son los servicios ecosistémicos que se presentan más frecuentemente provistos por los humedales del altiplano, como se observa a partir del IR y el PIS en la Tabla 5.

Tabla 6. Servicios de aprovisionamiento en humedales del Oriente antioqueño/consulta a expertos

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico	IR	PIT	PIS
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos para humanos	7	5,3	2,2
	Agua para consumo humano	2		0,6
	Agua para alimento de animales	10		3,1
	Agua para riego	10		3,1
	Agua para la industria	6		1,9
	Forraje para ganado	7		2,2
	Plantas y animales ornamentales	5		1,6
	Leña	1		0,3
	Plantas y/o animales medicinales	3		0,9
	Materiales para elaboración de artesanías	2		0,6
	Recursos o materiales genéticos	5		1,6

IR=Indicador de reconocimiento, PIT= Ponderador de importancia por tipo; PIS=Ponderador de importancia por servicio.

Con respecto a los servicios de aprovisionamiento, se observa que, de los once servicios puestos en consideración, los humedales proveen con mayor visibilidad agua para alimento de animales y agua para riego según la percepción de los profesionales consultados (IR y PIS, Tabla 6).

Tabla 7. Servicios culturales en humedales del Oriente antioqueño/consulta a expertos

Tipo de servicios	Servicio ecosistémico	IR	PIT	PIS
Servicios Culturales	Valores estéticos y de "sentido del lugar"	10	10,6	3,1
	Calidad paisajística	13		4,1
	Avistamiento de aves	13		4,1
	Ecoturismo	9		2,8
	Valor patrimonial de los humedales	12		3,8
	Actividades y oportunidades educativas	8		2,5
	Inspiración	9		2,8

IR=Indicador de reconocimiento, PIT= Ponderador de importancia por tipo; PIS=Ponderador de importancia por servicio.

La Tabla 7 permite observar a partir de IR y PIS, puntajes que resaltan para servicios como calidad paisajística, avistamiento de aves, valor patrimonial y valores estéticos, todos estos con valores superiores a diez puntos. Lo anterior implica que, enmarcado en la percepción de la mayoría de los participantes del grupo focal, los servicios en mención son provistos por los humedales presentes en el altiplano.

De los 32 servicios puestos en consideración, control de inundaciones y mantenimiento de la biodiversidad, son los servicios con los puntajes más altos según el PIS. Esto indica que la totalidad de los expertos perciben que los humedales del altiplano proveen estos servicios ecosistémicos (Tabla 4-Tabla 5) respectivamente.

Tabla 8. Ponderador de importancia por tipo de servicio ecosistémico

Tipo de servicios	PIT
Servicios de regulación	8,9
Servicios de soporte	10,8
Servicios de aprovisionamiento	5,3
Servicios culturales	10,6

PIT= Ponderador de importancia por tipo

En relación con los resultados del indicador denominado PIT, la Tabla 8 recoge los valores para cada uno de los tipos de servicios considerados y permite observar que los servicios de soporte y servicios culturales presentan valores que destacan entre los demás. Se plantea, según lo percibido por el grupo focal, que en dichas tipologías de servicios se concentran los servicios más representativos provistos por los humedales del altiplano del Oriente antioqueño. Ahora, es importante considerar que los resultados generados por el instrumento de grupo focal, generan algunos indicios sobre cuáles podrían ser los servicios ecosistémicos de marcado interés para el eventual desarrollo de ejercicios de levantamiento de información biofísica, contabilidad ambiental y valoración económica de servicios ecosistémicos.

Valoración económica de servicios ecosistémicos en humedales

Los humedales desempeñan funciones de gran valía para los territorios, en consideración a los múltiples servicios ecosistémicos que se les pueden atribuir, formando parte del patrimonio sociocultural de las localidades (Barbier et al., 1997). En tal sentido, se reconoce, en particular durante las últimas dos décadas, un despliegue de esfuerzos institucionales, técnicos y económicos a nivel internacional para promover investigaciones, con el propósito de reconocer los beneficios sociales de estos ecosistemas y examinar de manera cada vez más exhaustiva las bondades de la conservación de dichos espacios naturales.

La justificada motivación por ampliar el conocimiento sobre los humedales, en particular hacia el entendimiento de los servicios ecosistémicos y sociales que de ellos se derivan, convoca a la consideración de que la pérdida y degradación de estos recursos naturales es un problema económico. Este trae consigo la pérdida de valores sociales de manera permanente, que ocasionalmente llegan a ser irreversibles (Barbier et al., 1997). En el marco de la necesaria gestión de los humedales como ecosistemas estratégicos para los territorios, se deben elegir alternativas de uso más adecuadas en consideración a las pérdidas o ganancias sociales.

La valoración económica de los humedales constituye una herramienta para la generación de información económica que facilite la gestión de estos ecosistemas, toda vez que desarrolla estrategias y técnicas para la asignación de valores cuantitativos a los bienes o servicios ecosistémicos, en los cuales se evidencie o no la existencia de valores de mercado (Barbier et al., 1997).

Uno de los factores que ha influido en el inadecuado uso de los humedales y su progresiva degradación, se asocia a la falta de reconocimiento de su valor económico, más allá de su uso directo. El propósito particular de la valoración económica de los humedales responde a la necesidad de analizar los usos que generen mayores beneficios sociales, incluyendo dentro de estos usos su conservación.

A continuación, se plantean los resultados de la revisión analítica de literatura, respecto a la valoración económica de los humedales, mediante la cual se concluye sobre la abundancia relativa de los estudios de valoración económica de dichos ecosistemas, las metodologías de valoración empleadas y los servicios ecosistémicos más frecuentemente abordados.

Tabla 9. Resultado de la búsqueda en bases de datos
(Valoración económica de humedales).

Base de datos	Concepto	Resultado de la búsqueda	Operadores booleanos	Resultado nueva búsqueda	Periodo publicación
Google Scholar	Valoración económica de humedales	27800	AND/" "	61	1960-2021
EBSCO	Economic valuation of wetlands	22	AND/" "	22	2000-2021
Science Direct	Economic valuation of wetlands	4394	AND/" "	41	1998-2021
Springer	Economic valuation of wetlands	3948	AND/" "	86	1983-2021
Jstor	Economic valuation of wetlands	2845	AND/" "	31	1980-2021

Los resultados presentados en la Tabla 9 se refieren a la cantidad de estudios identificados como resultado de la búsqueda en bases de datos. A partir de lo encontrado se evidencia que la valoración económica de los humedales es tema de interés teórico y empírico. Los criterios de búsqueda se centraron en el concepto "Economic valuation of wetherlands" para las bases de datos EBSCO, Science Direct, Springer y Jstor y "Valoración económica de humedales" para la base Google Scholar.

Metodologías de valoración económica de los humedales

Como resultado del análisis de los trabajos identificados, se observa que el marco metodológico empleado en la valoración económica de bienes y servicios provistos por los humedales está bien definido y se ha discutido ampliamente en la literatura. A partir de esto, se reconoce que los métodos de valoración a emplear están relacionados con: 1) los servicios ecosistémicos detectados en los

humedales y los valores (uso o no uso), que se le puedan imputar a dichos servicios. 2) la información de las funciones de producción ecológica, o la medición biofísica de los flujos de bienes y servicios de los humedales. Así, las metodologías más usadas para la valoración de los servicios ecosistémicos de los humedales, según los trabajos abordados, presentan una amplia variedad de herramientas, tanto de métodos directos como indirectos. La Tabla 10 muestra los métodos más empleados en consideración del tipo de servicios ecosistémicos del humedal. En esta se observa la predilección por el uso de los métodos de precios de mercado y costos de reposición. Los resultados de la revisión de literatura y sus enfoques coinciden con estudios como los desarrollados por Badamfirooz et al. (2021), Barbier et al. (1997); De Faria et al. (2021) y Zhou et al. (2020).

Tabla 10. Método de valoración económica dado el servicio ecosistémico del humedal

Tipo de servicio ecosistémico	Métodos de valoración
Servicio de aprovisionamiento	Precios de mercado
	Costos de reposición
Servicio de regulación	Precios de mercado
	Costos de reposición
	Costos evitados
	Precios hedónicos
Servicios culturales	Precios de mercado
	Precios hedónicos
	Costo de viaje
	Valoración contingente
	Experimentos de elección
Servicios de soporte	Precios de mercado
	Costos de reposición
	Costos evitados
	Precios hedónicos
	Valoración contingente

Contabilidad ambiental en humedales

Con respecto al análisis de literatura referente al tema de contabilidad ambiental de los servicios ecosistémicos de los humedales, estos permiten considerar que, si bien la contabilidad ambiental constituye un área que ha registrado un importante desarrollo a partir de la década del noventa (Araújo Vila et al., 2019), los trabajos de contabilidad ambiental relacionados con humedales o con servicios ecosistémicos asociados a estos no son abundantes.

En efecto, los resultados del ejercicio de revisión analítica de literatura, que tuvo como punto de partida una matriz de información cruzada cuyos datos se obtuvieron mediante consultas en bases de datos especializadas (Tabla 11), sustentan este planteamiento. Las consultas referidas en las bases de datos EBSCO, SCOPUS, JSTOR, Springer Link, Science direct y OECD, en torno a las categorías de contabilidad ambiental y humedales arrojaron, en un momento inicial, sin el uso de operadores booleanos, un total de 775 resultados. Ahora bien, en orden de asegurar el refinamiento y precisión de la búsqueda se emplearon los operadores booleanos AND y " ", con lo cual el volumen de productos investigativos se reduce ostensiblemente a una cantidad de 6 registros, considerando que los tres productos relacionados en la base Science Direct están inmersos dentro de los resultados de la base SCOPUS. Los operadores booleanos indicados demandan la captura de los productos de investigación que relacionan literalmente los conceptos de contabilidad ambiental y humedales.

Tabla 11. Resultado de la búsqueda en bases de datos
(Contabilidad ambiental y humedales)

Base de datos	Concepto	Resultado de la búsqueda	Operadores booleanos	Resultado nueva búsqueda	Periodo publicación
EBSCO	Environmental accounting and wetlands	1	AND/" "	0	
SCOPUS	Environmental accounting and wetlands	497	AND/" "	6	1995-2018
JSTOR	Environmental accounting and wetlands	8	AND/" "	0	
Springer Link	Environmental accounting and wetlands	0	AND/" "	0	

Base de datos	Concepto	Resultado de la búsqueda	Operadores booleanos	Resultado nueva búsqueda	Periodo publicación
Science direct	Environmental accounting and wetlands	268	AND/" "	3	2006-2017
OECD	Environmental accounting and wetlands	1	AND/" "	0	

El periodo de tiempo que enmarca la revisión sistemática de literatura, considera un intervalo entre 1995 y 2018, lo que indica una incipiente producción científica alrededor de las categorías analizadas. Ahora bien, el escaso número de productos de investigación obtenidos, lejos de constituirse en un resultado negativo, indica que se trata de categorías emergentes que ofrecen la posibilidad de explorar y desarrollar este campo de investigación.

La revisión permitió evidenciar que, de los seis resultados obtenidos, cinco se realizaron por fuera de América Latina (Estados Unidos, Sicilia, Estonia, Italia y Filipinas). Solo fue encontrado un estudio realizado en Paraguay, lo cual significa que en Colombia no existen estudios publicados en revistas indexadas, relacionados con la contabilidad ambiental y los humedales (Tabla 11).

En términos generales, si los gobiernos, entidades no gubernamentales y sector privado, procuran incidir en los procesos de toma de decisiones, considerando los servicios ecosistémicos, se debería realizar un ejercicio de contabilización de tales servicios. Sin embargo, estas iniciativas no son muy comunes, debido a la falta de metodologías para la medición, que conlleven a evaluarlos mediante indicadores biofísicos, tales como el área del humedal, cantidad de especies, u otros aspectos más enfocados en su estado de intervención. Asimismo, este proceso se hace difícil ante la carencia de datos sobre preferencias sociales, información para determinar valores, o sondeo sobre precios, para de esta manera adelantar procesos de valoración (Olander et al., 2018).

Algunas de las metodologías propuestas para medir los beneficios generados por los servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales a la sociedad, son los indicadores relevantes para los beneficios (BRI), desarrollados por Olander et al., (2018), que articulan decisiones de gestión ecológica sobre los humedales, para promover el bienestar humano, identificando qué se valora y quién lo valora. Estos indicadores hacen la valoración o la cuantificación de la vulnerabilidad de humedales costeros frente a la dinámica costera a través de la lógica difusa (Valdemoro et al., 2001).

Otros estudios, tales como los de Bastianoni et al. (2005), Siracusa y La Rosa (2006), y Bulle et al. (2013), acuden al análisis de energía para determinar el potencial de los humedales en cuanto a la generación de ahorros monetarios y beneficiar al medio ambiente. Por otro lado, Burritt & Salamanca (1995), propusieron un sistema de contabilidad ambiental basado en el costo de oportunidad del desarrollo de manglares en Filipinas, en orden de preservar la sostenibilidad de los humedales. No obstante, este último trabajo no logró superar completamente los desafíos que supone la representación contable de este tipo de recursos (reconocimiento-medición-valoración) y la rendición de cuentas relacionada con los mismos.

Actores o stakeholder en los humedales del altiplano del Oriente antioqueño

La sociedad en su conjunto interviene indudablemente en el proceso de asignación de los usos de los ecosistemas presentes en el territorio, situación que no es distinta para los humedales. No obstante, algunos grupos de interés o stakeholder poseen mayor relevancia en las decisiones de uso o conservación de estos ecosistemas. Los siguientes datos se obtienen como resultado de la aplicación del instrumento de grupo focal, referido en el apartado metodológico, aplicado con el propósito de identificar los actores o grupos de interés que intervienen en la toma de decisiones de usos alternativos y conservación de los humedales en el altiplano del Oriente antioqueño.

Se identificó un total de 18 actores o stakeholders, que intervienen positivamente en los humedales como ecosistemas estratégicos para el territorio (Tabla 12). Estos con una amplia diversidad de roles e interacciones establecidas con el ecosistema en cuestión. Los entes públicos (Cornare, administraciones municipales, Gobernación de Antioquia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, entre otras) se reconocen como aquellos con mayor poder decisorio (Tabla 13). Las instituciones sin ánimo de lucro, grupos o colectivos sociales y empresas de servicios públicos, representan una porción importante, encaminados hacia la consideración de estos recursos desde un enfoque socio ambiental o de proyectos de responsabilidad social.

Tabla 12. Actores con impactos positivos y su razón de inclusión.

Actores involucrados	Razón de Inclusión	Voluntario	Involuntario
Cornare	Participantes que construyen, implementan y supervisan el marco normativo.	X	
Administraciones Municipales	Participantes que construyen, implementan y supervisan el marco normativo.	X	

Actores involucrados	Razón de Inclusión	Voluntario	Involuntario
Comunidades aledañas	Los más beneficiados de los servicios derivados del recurso hídrico.	X	
Ambientalistas, Colectivos Sociales y Grupos de Ecológicas	Toman acciones y se pronuncian sobre los beneficios de los ecosistemas. Realizan actividades en pro de la conservación. Protectores de ecosistemas.	X	
Empresas con reservorios de agua que se convierten en humedales	Los reservorios artificiales también se pueden convertir en ecosistemas que deben ser protegidos		X
Investigadores, Grupos de Investigación y Semilleros de Investigación	Buscan conocer a profundidad la diversidad de estos ecosistemas.	X	
Juntas de acción comunal	Son la voz de las comunidades y a su vez tomadores de decisiones.		X
Avistadores de Aves	Son grupos que interesados en la preservación del bien.	X	
Instituciones de educaciones superior	Educación e investigación.	X	
Gobernación de Antioquia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	Participantes que construyen, implementan y supervisan el marco normativo.		X
Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño – CCOA, Masora, ANLA, Fenalco, Corporación Empresarial del Oriente – CEO, Corporación CEAN, Cooperativa Alborada, Otras Instituciones Gremiales	Con voz y capacidades para determinar el futuro del de los recursos.		X

Actores involucrados	Razón de Inclusión	Voluntario	Involuntario
Instituto Humboldt	Asesorías y apoyo en la conservación.	X	
Instituciones de básica primaria	Primeros involucrados en los procesos de formación y conciencia ambiental.	X	
Instituciones de básica secundaria	Primeros involucrados en los procesos de formación y conciencia ambiental.	X	
Pescadores	Toman alimento de los humedales.	X	
Empresas pertenecientes al sector turístico y turistas independientes	Lugares en los que se pueden realizar algunas actividades de ocio.		X
Empresas públicas (EPM)	Se benefician del humedal y son administradores y dueños de algunos de ellos.	X	
Mas bosques, Banco 2, Consejo de cuenca río Negro	Con voz y capacidades para determinar el futuro del de los recursos.		X

Como parte de los elementos identificados en el análisis de actores, se considera un criterio que indica si determinado actor tiene una presencia voluntaria como individuo, que afecta positiva o negativamente la conservación del humedal. Según la percepción de los participantes al grupo focal, 12 de los 18 actores considerados en la Tabla 12, intervienen de manera voluntaria en las decisiones de uso de este ecosistema. Esto denota alguna conciencia de actuación e interacción de dichos agentes con los recursos ambientales objeto de análisis (se aclara que el criterio denominado calificación corresponde a la suma de los datos indicados en los aspectos prioridad y poder).

Tabla 13. Actores con impactos positivos y sus calificativos.

Actores involucrados	Prioridad	Poder	Calificación
Cornare	8,5	9,2	17,7
Administraciones Municipales	7,5	10	17,5
Comunidades aledañas	8,8	7,5	16,3

Actores involucrados	Prioridad	Poder	Calificación
Ambientalistas, Colectivos Sociales y Grupos de Ecológicas	9,0	6,0	15,0
Empresas con reservorios de agua que se convierten en humedales	7,5	6,5	14,0
Investigadores, Grupos de Investigación y Semilleros de Investigación	8,3	5,5	13,8
Juntas de acción comunal	8,5	4,8	13,3
Avistadores de Aves	8,0	5,0	13,0
Instituciones de educaciones superior	7,3	5,3	12,7
Gobernación de Antioquia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	6,0	6,0	12,0
Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño – CCOA, Masora, ANLA, Fenalco, Corporación Empresarial del Oriente – CEO, Corporación CEAN, Cooperativa Alborada, Otras Instituciones Gremiales	5,0	6,0	11,0
Instituto Humboldt	6,0	4,5	10,5
Instituciones de básica primaria	8,0	2,5	10,5
Instituciones de básica secundaria	8,0	2,5	10,5
Pescadores	8,0	2,3	10,3
Empresas pertenecientes al sector turístico y turistas independientes	7,0	2,0	9,0
Empresas públicas (EPM)	1,0	7,0	8,0
Mas bosques, Banco 2, Consejo de cuenca río Negro	2,0	2,0	4,0

De la Tabla 13 se resaltan los resultados obtenidos para el indicador de prioridad, el cual es el producto de la calificación (en un rango de uno a diez), de cuál es la importancia o prioridad que el actor en cuestión le asigna a la conservación de los humedales. Según esto, se observa que la preocupación por conservar el humedal se percibe más fuerte para actores como ambientalistas, colectivos sociales, grupos ecológicos, comunidades aledañas, Cornare, juntas de acción comunal, Investigadores y semilleros de Investigación.

El indicador de poder explica aquellos actores en los cuales se reconoce una mayor capacidad de actuación para la conservación de los humedales del altiplano, donde las administraciones municipales, Cornare y las comunidades aledañas, se identifican como las principales.

Por su parte, la Tabla 14 muestra a los actores que podrían representar una amenaza para los humedales del altiplano. Si bien aquellos actores con impacto negativo (5 actores) son sustancialmente menos, en comparación con los actores que inciden de manera positiva (18 actores), su intervención en el recurso puede representar el deterioro sustancial del ecosistema, por su nivel de relacionamiento y la capacidad para justificar sus acciones, basados en aspectos como: generación de empleo derivada de sus actividades, aporte económico que traen a las regiones, generación de alimentos.

Tabla 14. Actores con impacto negativo y su factor de inclusión.

Actores involucrados	Razón de Inclusión	Voluntario	Involuntario
Empresas mineras	Afectan directamente el recurso de manera negativa		X
Empresas constructoras	Buscan espacios en donde construir sus proyectos, en muchas oportunidades modifican y afectan el humedal	X	
Ganaderos	Las condiciones fisicoquímicas del suelo favorecen un mejor alimento para las actividades de ganadería		X
Agricultores	Los humedales abastecen de algunos beneficios a los agricultores (agua, control de plagas)	X	
Empresas y dueños de predios privados	Los humedales son objeto de conservaciones y no les permite a los propietarios desarrollar sus proyectos Conflicto de intereses entre la conservación y la explotación		

En este sentido, actores que interactúan directamente con los humedales a partir del aprovechamiento de los flujos y servicios ecosistémicos provistos por estos, son en ocasiones los principales causantes del deterioro progresivo de la calidad y cantidad de dichos flujos de bienes y servicios. Algunos de estos relacionados de manera voluntaria y otros de manera involuntaria, no obstante, generadores de acciones de uso directo sobre los ecosistemas (Tabla 14).

Tabla 15. Actores con impacto negativo y sus calificativos

Actores involucrados	Prioridad	Poder	Calificación
Empresas mineras	8,9	6,9	15,7
Empresas constructoras	7,2	6,4	13,6
Ganaderos	7,3	6,0	13,3
Agricultores	7,3	5,3	12,7
Empresas y dueños de predios privados	6,5	5,0	11,5

Como se muestra en los datos de la Tabla 15, las calificaciones que reciben por parte del grupo de expertos, exponen que las relaciones de uso directo que afectan la conservación de los humedales, se centran en actores de tipo privado, que además tienen capacidad de afectación sobre los humedales, como lo revela el indicador de poder. Además, se percibe a partir de la categoría de prioridad, que el objetivo de dichos agentes se encamina hacia la utilización o explotación del recurso ecosistémico.

Conclusiones

Al reconocer en los humedales la presencia de un amplio flujo de bienes y servicios ambientales se convierten dichos espacios en objeto de uso y aprovechamiento por parte de las comunidades que desarrollan interacciones en torno a ellos, por lo que se hace necesario reflexionar desde posturas ecológicas, económicas, culturales y políticas sobre el valor social de los servicios ecosistémicos que proveen; esto con el propósito de identificar el mejor uso posible, bien sea aprovechamiento o conservación. El reconocimiento de los valores económicos contenidos en los humedales, la valoración económica y el análisis costo beneficio de sus usos alternativos son, en esencia, herramientas dispuestas desde la ciencia económica para la toma de decisiones, hacia la adecuada gestión de los recursos ambientales relacionados con los humedales.

Los valores ecológicos, económicos y sociales dispuestos en los humedales, constituyen un espacio medio ambiental de valor económico para cualquier territorialidad (Araújo-Vila et al., 2019). Por esta razón, visualizado desde la óptica de la ciencia contable, este es un tópico de interés, considerando la gestión del medio ambiente como una fuente de riqueza social y territorial que permite la intervención de la contabilidad como facilitador en la identificación, registro y control del flujo de bienes y servicios provistos por los humedales.

Así mismo, el reconocimiento de la presencia de valores económicos en los humedales constituye una oportunidad de desarrollo científico en múltiples áreas. Desde la ciencia contable, el nicho de avance sobre la contabilidad ambiental de los humedales en el altiplano del Oriente antioqueño, se advierte como un campo de interés. De la revisión analítica de literatura, en seis bases de datos con alcance nacional e internacional, se puede concluir que es escaso el desarrollo teórico y empírico sobre el tema, no solo a nivel local o nacional, sino también a escala internacional.

Los métodos directos e indirectos de valoración económica son empleados para aproximarse al valor económico de los bienes y servicios de los humedales, siendo las metodologías más comunes desde la literatura por servicio: precios de mercado y costos de reposición (servicios de provisión), precios de mercado, costos de reposición, costos evitados y precios hedónicos (servicios de regulación), precios de mercado, precios hedónicos, costos de viaje, valoración contingente y experimentos de elección (servicios culturales) y precios de mercado, costos de reposición, costos evitados, precios hedónicos y valoración contingente (servicios de soporte y hábitat) en concordancia con la revisión realizada (Barbier et al., 1997; Buller et al., 2013; Siracusa & La Rosa, 2006).

Desde el reconocimiento de actores y grupos de interés que interactúan con los humedales del Oriente antioqueño, los resultados de la identificación de actores evidencian abundantes relaciones entre el espacio natural y el entorno social entre empresas, comunidades, administraciones municipales, entidades gubernamentales de orden nacional y departamental, instituciones educativas, empresas prestadoras de servicios públicos, entre otras. Donde, algunos de ellos generan interacciones (usos, aprovechamientos o acciones de conservación) con los humedales, que dan como resultado o bien su deterioro físico biótico o la conservación de los flujos de bienes y servicios provistos por estos.

En este sentido, se evidencia la existencia de un entorno de amenaza sobre las condiciones presentes y futuras de los espacios naturales de humedales en el territorio, situación que insiste en la necesidad de desarrollar ejercicios de medición, valoración identificación contable y análisis costo beneficio de los servicios ecosistémicos de los humedales como activos estratégicos para el territorio y para sus grupos de interés. La gestión adecuada del capital natural provisto por los humedales depende y dependerá de la cantidad y calidad de información que sea posible generar de estos valiosos ecosistemas.

Para el desarrollo de un ejercicio de valoración económica y análisis costo beneficio de los humedales del altiplano del Oriente antioqueño que permita un análisis adecuado de las alternativas de gestión del capital natural allí contenido, se debe avanzar de manera amplia la medición física de los flujos de bienes y servicios provistos por los humedales. Estas iniciativas podrían incluir ejercicios de recolección de datos en campo, vinculados a los servicios ecosistémicos reconocidos (servicios de regulación, servicios de soporte, servicios de aprovisionamiento y servicios culturales).

Referencias

- Acquatella, J. & Bárcena, A. (2005). Política fiscal y medio ambiente: Bases para una agenda común. En CEPAL/ONU.
- Araújo Vila, N., Fraiz Brea, J. A. & Cardoso, L. (2019). Evolución y estado de la investigación en contabilidad ambiental. *Contabilidad y Negocios*, 14(28), 36-53.
- Asselen, S. van, Verburg, P. H., Vermaat, J. E. & Janse, J. H. (2013). Drivers of wetland conversion: a global meta-analysis. *PloS One*, 8(11), e81292.
- Azqueta, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill.
- Badamfirooz, J., Mousazadeh, R., & Sarkheil, H. (2021). A proposed framework for economic valuation and assessment of damages cost to national wetlands ecosystem services using the benefit-transfer approach. *Environmental Challenges*, 5, 100303.
- Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Jenkins, M., Jefferiss, P., Jessamy, V. & Madden, J. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, 297(5583), 950-953.
- Barbier, E. B., Acreman, M., & Knowler, D. (1997). Economic valuation of wetlands. A guide for policy makers and planners. In Ramsar Convention Bureau.
- Bastianoni, S., Marchettini, N., Niccolucci, V., & Pulselli, F. M. (2005). Environmental accounting for the lagoon of Venice and the case of fishing. *Annali Di Chimica*, 95(3-4), 143-152.
- Bischoffshausen, W.(1997). Una visión general de la contabilidad ambiental. *Revista Contaduría y Administración*, 186(20), 139-170
- Bishop, R. C. & Freeman, A. (1996). The measurement of environmental and resource values: theory and methods. *Land Economics*, 72(2), 478
- Braat, L. C. & de Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda:bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 1(1), 4–15.
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological economics*, 63(2-3), 616-626.

- Buller, L. S., Bergier, I., Ortega, E. & Salis, S. M. (2013). Dynamic emergy valuation of water hyacinth biomass in wetlands: An ecological approach. *Journal of Cleaner Production*, 54, 177–187.
- Burritt, R. L. & Salamanca, A. (1995). Sustainable management of coastal wetlands in the philippines: An exploration of accounting for sustainability. *Asian Review of Accounting*, 3(2), 41–57.
- Camargo, A. (2012). Landscapes of fear: water grabbing, wetland conservation, and the violence of property in Colombia. International Conference on Global Land Grabbing II, Land Deal Politics Initiative (LDPI), Ithaca, NY.
- Cañibano-Calvo, L. (1990). Contabilidad: análisis contable de la realidad económica. Pirámide.
- Caselli, F., Morelli, M. & Rohner, D. (2015). The geography of interstate resource wars. *The Quarterly Journal of Economics*, 130(1), 267–315.
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, E. L., & Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública*, 6(2).
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neill, R. V & Paruelo, J. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services* [M]. Island Press Washington, DC.
- de Faria, V. F., Santos, V. P. & Zaidan, F. H. (2021). The business model innovation and lean startup process supporting startup sustainability. *Procedia Computer Science*, 181.
- De Groot, R. S. (1987). Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist*, 7(2), 105–109.
- Debnath, S., Bose, S. K. & Dhalla, R. S. (2011). Environmental Management Accounting: An Overview of its Methodological Development. *International Journal of Business Insights & Transformation*, 5(1), 44–57.
- Ehrlich, P. R. & Ehrlich, A. H. (1981). *Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species*. Random House.

- Fisher, B., Turner, R. K. & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653.
- Gardner, R. C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D. & Rosenqvist, A. (2015). State of the world's wetlands and their services to people: a compilation of recent analyses.
- Georgiou, S. & Turner, R. K. (2012). *Valuing ecosystem services: the case of multi-functional wetlands*. Routledge.
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209–1218.
- Haab, T. & McConnell, K. (2013). *Valuing Environmental and Natural Resources*. En *Valuing Environmental and Natural Resources*. Edward Elgar Publishing. Recuperado de <https://www.e-elgar.com/shop/usd/valuing-environmental-and-natural-resources-9781840647044.html>
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3).
- Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B. (1997). *Environmental Economics in Theory and Practice*. En *Environmental Economics in Theory and Practice*. Macmillan Press LTD.
- Helliwell, D. R. (1969). Valuation of wildlife resources. *Regional Studies*, 3(1), 41–47.
- Higuera Ojito, V. H., Pacheco Martínez, G. A., Londoño Restrepo, S., Cuéllar Rojas, O. & González Franco, R. A. (2017). Contabilidad ambiental, tendencias investigativas mundiales. *Producción + Limpia*, 12(1), 88–96.
- Holdren, J. P. & Ehrlich, P. R. (1974). Human Population and the Global Environment: Population growth, rising per capita material consumption, and disruptive technologies have made civilization a global ecological force. *American Scientist*, 62(3), 282–292.
- Mattessich, R. (2002). *Teoría del excedente limpio y su evolución: Revisión y perspectivas recientes*.
- Márquez, G. (2005). *Transformación de ecosistemas y condiciones de vida en Colombia (Doctoral dissertation, PhD dissertation to obtain the title of Doctor in Tropical Ecology. Universidad de los Andes, Venezuela)*.

- McAlpine, C. A., Etter, A., Fearnside, P. M., Seabrook, L. & Laurance, W. F. (2009). Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, 19(1), 21–33.
- McInnes, R. J. (2013). Recognizing ecosystem services from wetlands of international importance: an example from Sussex, UK. *Wetlands*, 33(6), 1001–1017.
- MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. World Resources Institute.
- Meyfroidt, P., Lambin, E. F., Erb, K.-H. & Hertel, T. W. (2013). Globalization of land use: distant drivers of land change and geographic displacement of land use. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 438–444.
- Mitchell, R., Agle, B. & Wood, D. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Saliance: Defining the principle of Who and What Really Counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853–886.
- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35(1), 25–33.
- Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E. & Goodspeed, T. (2009). *A guide to social return on investment* (Office of).
- Odum, H T. (1971). *Environment, power, and society*. Wiley-Interscience.
- Odum, Howard T. (1957). Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecological monographs*, 27(1), 55-112.
- Olander, L. P., Johnston, R. J., Tallis, H., Kagan, J., Maguire, L. A., Polasky, S., Urban, D., Boyd, J., Wainger, L. & Palmer, M. (2018). Benefit relevant indicators: Ecosystem services measures that link ecological and social outcomes. *Ecological Indicators*, 85(June 2017), 1262–1272.
- ONU-PNUMA. (2002). *Contabilidad Ambiental y Económica Integrada. Manual de Operaciones*. 188.
- Osorio, J. (2006). El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: Estado del arte y aplicaciones. *Semestre Económico*, 9(18), 107–124. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013669005>

- Patiño, B. (2020). Valoración económica del medio ambiente e instrumentos para la gestión del capital natural. en C. Monsalve (Ed.), *De la economía tradicional a otras economías*. Rionegro: Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Pearce, D. & Turner, R. (1990). Economic of natural resourse and the enviroment. *Resources Economics*, 50(3), 365–387.
- Quijano-Abril, M. A., Villabona-González, S. L., García-Duque, J. J., Gómez-Hoyos, A. C., Benjumea-Hoyos, C. A., López-Cardona, Y. C., Ortiz-Acevedo, L. F., Medina-Tombé, M. F., & Ospina-Pavón, J. G. (2018). Los humedales del altiplano del Oriente antioqueño y su conceptualización. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Ramsar, S. D. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. Suiza: 4ta. edición. Gland.(Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Ricaurte, L. F., Jokela, J., Siqueira, A., Núñez-Avellaneda, M., Marin, C., Velázquez-Valencia, A. & Wantzen, K. M. (2012). Wetland habitat diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia. *Wetlands*, 32(6), 1189–1202.
- Ricaurte, L. F., Olaya-Rodríguez, M. H., Cepeda-Valencia, J., Lara, D., Arroyave-Suárez, J., Finlayson, C. M. & Palomo, I. (2017). Future impacts of drivers of change on wetland ecosystem services in Colombia. *Global Environmental Change*, 44, 158–169.
- Richardson, L., Loomis, J., Kroeger, T. & Frank, C. (2015). The role of benefit transfer in ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 15, 51–58.
- Rosemberger, R. & Loomis, J. (2003). *Benefits transfer In: Champ. A primer on nonmarket valuation*. Kluwer Academic Publishishers, 1(23), 445–482.
- Siracusa, G. & La Rosa, A. D. (2006). Design of a constructed wetland for wastewater treatment in a Sicilian town and environmental evaluation using the emergy analysis. *Ecological Modelling*, 197 (3-4), 490–497.
- Turner, R. K., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V. & Georgiou, S. (2003). Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, 46(3), 493–510.
- Turpie, J., Lannas, K., Scovronick, N. & Louw, A. (2010). *Wetland Valuation Volume 1. Wetland Ecosystem Services and Their Valuation: A Review of Current Understanding and Practice*. Water Research Commission (WRC) Report No. TT, 440(09).

- Uribe, E., Lopez, M., Jaime, H. & Carriazo, F. (2003). Introducción a la valoración ambiental, y estudios de caso. Universidad de los Andes.
- Valdemoro, H. I., Jiménez, J. A. & Sánchez-Arcilla, A. (2001). Vulnerability of wetlands to coastal changes. A methodological approach with application to the Ebro delta. *Advances in Ecological Sciences*, 10, 595–604.
- Van Rhijn, A. van R. (2014). Qualitative Valuation of Ecosystem Services in SEA in Sweden. Uppsala Universitet.
- Vargas-Restrepo, C. M., Diossa, J. F. & Galvis, O. (2018). La representación contable de los bienes eclesiales en el contexto del marco regulatorio internacional. *Revista Espacios*, 39 (04).
- Vásquez, F., Arcadio, C. & Sergio, O. (2007). Valoración económica del ambiente. Thomson Learning.
- Vera, P. & Villegas, C. I. (2018). Trade-off entre servicios ecosistémicos y sus implicaciones el diseño de un esquema de pago por servicios ambientales. Universidad Nacional de Colombia.
- Von Bischhoffshausen, W. (1997). Una visión general de la contabilidad ambiental. *Contaduría y Administración*, 67–86.
- Westman, W. E. (1977). How much are nature's services worth? *Science*, 197(4307), 960–964.
- Zhang, B., Shi, Y., Liu, J., & Xu, J. (2017). Economic values and dominant providers of key ecosystem services of wetlands in Beijing, China. *Ecological Indicators*, 77, 48–58.
- Zhou, J., Wu, J., & Gong, Y. (2020). Valuing wetland ecosystem services based on benefit transfer: A meta-analysis of China wetland studies. *Journal of Cleaner Production*, 276.



Capítulo 9

Los humedales en el ordenamiento jurídico colombiano. Propuesta de categorización para su gestión, conservación y uso sostenible





Los humedales en el ordenamiento jurídico colombiano. Propuesta de categorización para su gestión, conservación y uso sostenible

Oladier Ramírez Gómez^{1,2}, Diana Carolina Pérez², Beatriz Elena Arcila Salazar²

Introducción

Este capítulo del libro abordará los mecanismos de protección jurídica de los humedales a partir de los servicios ambientales que ofertan. Se hará énfasis en el marco jurídico de los humedales no incluidos en la lista de humedales RAMSAR, ya que presentan un amparo jurídico independiente.

Este capítulo se divide en tres acápite, el primero describe el origen regulatorio internacional de los humedales, relata las razones que llevaron a la comunidad internacional al establecimiento de reglas universales para su conservación. Luego, hace una descripción de la incorporación tardía de esas reglas al ordenamiento jurídico colombiano. Se relacionan las normas nacionales para la gestión y conservación de humedales diferentes a los listados en la convención RAMSAR. Finalmente, estudiará al humedal desde la propiedad y tenencia, planteando la pregunta: ¿De quién son los humedales?, esto evidenciará los retos para su conservación y denotará la existencia de un choque de derechos: el derecho a la propiedad privada vs. el derecho colectivo a un ambiente sano. En otras palabras, derecho a usar la propiedad sin ninguna limitación, vs el establecimiento de limitaciones al uso, goce y disposición de esta. El segundo acápite describe al humedal como ecosistema estratégico, lo diferencia de otros ecosistemas como las áreas protegidas y páramos. Este punto propone una clasificación para los humedales, lo cual permitirá definir estrategias más específicas para

¹ Corporación autónoma regional de la cuenca de los ríos Negro y Nare.

² Facultad de derecho, Universidad Católica de Oriente

su gestión y conservación. Por último, se hace una descripción detallada de los servicios ambientales que ofrecen y se plantean unas categorías jurídicas, las cuales servirán como guía para los operadores de la norma en el establecimiento de una zonificación más adecuada para la gestión sostenible. El último acápite desarrollará una propuesta de categorización de los humedales a partir de los servicios ecosistémicos que ofrecen. Cada humedal tiene elementos comunes, pero también otros que los diferencian. Este apartado tratará de responder a la pregunta: ¿Para qué un humedal? Se expondrá sobre los planes de manejo de los humedales, se demostrará que la regulación actual no es la más conveniente y no abarca la gestión de todos los tipos de humedales.

Los humedales en el ordenamiento jurídico internacional y nacional Instrumentos jurídicos internacionales

RAMSAR³ es el referente internacional para la conservación de humedales. Pero ¿Por qué es importante conservarlos? ¿Qué llevó a la comunidad internacional a pactar reglas universales para su preservación y uso sostenible? En respuesta a estos interrogantes se toman algunos elementos de publicaciones realizadas por la convención RAMSAR en una serie de fichas informativas en las que se resaltan su importancia (Convención de RAMSAR, 2015), se destaca:

Los humedales albergan agua dulce necesaria para el consumo humano; provee alimentación, ya que en estos ecosistemas se cultiva el arroz, alimento básico para la subsistencia de más de tres mil millones de personas en el mundo y representa el 20% de la alimentación global; los humedales sobre las cuencas fluviales absorben las precipitaciones, lo cual reduce el impacto de las inundaciones, retienen agua durante la sequía; son esenciales para la biodiversidad, albergan más de 100.000 especies de agua dulce conocidas, son necesarios para la reproducción de anfibios y aves migratorias; proporcionan sustento a más de 660 millones de personas que dependen de la pesca y acuicultura y también proveen otros servicios ecosistémicos.

Cuando se habla de una convención internacional, se refiere al pacto que un colectivo de países realiza para el cumplimiento de unos objetivos comunes. En el caso de RAMSAR, 172 países se obligaron a establecer una serie de acciones para la conservación y uso racional de humedales de importancia internacional.

³ La Convención sobre los Humedales es el más antiguo de los modernos acuerdos intergubernamentales sobre el medio ambiente. El tratado se negoció en el decenio de 1960 entre países y organizaciones no gubernamentales preocupados por la creciente pérdida y degradación de los hábitats de humedales para las aves acuáticas migratorias. Se adoptó en la ciudad iraní de RAMSAR en 1971 y entró en vigor en 1975. Tomado del sitio oficial RAMSAR.org/es. <https://www.RAMSAR.org/es/acerca-de/historia-de-la-convencion-sobre-los-humedales>. Enero 17 de 2022.

El convenio RAMSAR consta de 12 artículos, el primero incorpora el concepto de humedal; el segundo establece una serie de consideraciones sobre los humedales que se adhieren a la lista internacional; el tercero expone medidas sobre los planes para la conservación de los humedales ingresados a la lista; el cuarto instituye acciones para el fomento de la conservación de los humedales, su investigación, intercambio de datos científicos, establecimiento de reservas naturales para aves migratorias y formación de personal; el quinto propone acciones colectivas de países que comparten complejos de humedales ingresados a la lista; del sexto al noveno se sustancia la estructura administrativa y otras instituciones internacionales que también pueden ser parte del convenio, el artículo décimo regula la entrada en vigencia y los artículos finales establecen otras acciones administrativas como enmiendas, convocatoria de reuniones de las partes, vigencia de la convención, denuncia de la convención depositarios y registros.

Una consulta rápida al sitio oficial de la convención RAMSAR permite identificar los elementos esenciales de lo pactado: “la misión” de la convención es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

Los órganos que conforman la convención están compuestos por: 1. La conferencia de las partes (cop) que se reúne cada tres años, es decir, los 172 países miembros. 2. Un comité permanente, que se reúne una vez por año y supervisa los asuntos de la convención. 3. Dos grupos de expertos, el primero denominado grupo de examen científico-técnico y el segundo, un grupo de supervisión de las actividades de comunicación, educación, concienciación y participación. 4. La secretaría, quien se encarga de la coordinación y agenda. El sitio cuenta con una serie de publicaciones, dentro de ellas, informes de seguimiento al cumplimiento de lo pactado.

Algunos hitos históricos de la convención (Convención RAMSAR, 2022)

El primero parte de la negociación en la década del sesenta, en el cual se da la suscripción por parte de los estados miembros en la ciudad Iraní Ramsar, del cual deviene su nombre, el 3 de febrero de 1971, allí participó Colombia. El primer Estado en adherirse y ratificar el convenio luego de surtir el trámite legislativo interno, fue Australia en 1974. La convención entró en vigor el 1 de diciembre de 1975, quiere decir que en esta fecha se hizo obligatorio a nivel internacional para los 7 países que hasta el momento lo habían ratificado. Colombia lo ratificó a través de la expedición de la ley 357 de 1997 (Congreso de Colombia, 1997), pero no entró en vigor hasta que la secretaría de la convención lo aprobó, hecho que sucedió el 18 de octubre de 1998, es decir, 27 años después de haber manifestado su voluntad de adherirse al convenio; un ingreso tardío, si consideramos que somos el segundo país con mayor biodiversidad del mundo.

No todos los complejos de humedales de un país se clasifican como humedal RAMSAR. De hecho, para Colombia, en la página oficial de la convención RAMSAR se registran 9 humedales, posiblemente porque surtieron todo el trámite para la aprobación e inclusión en el listado, o porque no se ha actualizado el sitio web. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible colombiano registra 11, en su sitio web oficial, estos son:

- Laguna de la cocha – idem
- Delta del río San Juan y el delta del río Baudó – idem
- Complejo de humedales laguna del Otún
- Sistema lacustre de Chingaza
- Estrella fluvial Inírida
- Complejo de humedales del alto río Cauca asociado a la laguna del Sonso
- Complejo de humedales urbanos de Bogotá
- Lagos de Tarapoto
- Sistema cenagoso de Ayapel
- Complejo de humedales de la cuenca del río Bitá
- Complejo cenagoso de la Zapatosa (Convención RAMSAR, 2021).

De lo anterior surge una pregunta necesaria: ¿Qué sucede con los demás complejos de humedales del país que no se incorporan a la lista RAMSAR? Para responder a esta pregunta, basta con hacer una lectura más detallada de los artículos tercero y cuarto de la convención, en los que establece que las partes deben extender las medidas para la conservación de los humedales que no se incorporen a la lista. Sin embargo, podría afirmarse que deja margen a una mayor flexibilidad en el cumplimiento de los compromisos pactados.

Para sintetizar lo desarrollado en este primer apartado, se puede concluir que la convención RAMSAR es el estándar jurídico a nivel internacional para la conservación y uso sostenible de humedales, con énfasis en los incluidos en la lista de importancia internacional, esta convención cuenta con recursos humanos, financieros y monitoreo internacional. Los demás complejos de humedales tendrán un marco jurídico independiente.

Instrumentos jurídicos nacionales

Suele extenderse los efectos jurídicos de la ley 357 de 1997, ley que acogió la convención RAMSAR, a todos los complejos de humedales del país, quizás por una percepción ciudadana de conservación ante la crisis climática y ambiental. Esta ley se reserva exclusivamente a los inscritos en la secretaría de la convención RAMSAR. Los demás contarán con el amparo jurídico que se precisará a continuación, e inicia por el reconocimiento, delimitación y posterior establecimiento de medidas, a través de los planes de manejo que realicen las autoridades ambientales del país y por supuesto, dependerá en gran medida de la apropiación ciudadana.

Entiéndase por autoridades ambientales: las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible, las autoridades ambientales urbanas que trata el artículo 66 de la ley 99 de 1993 y los establecimientos públicos ambientales, definidos en el artículo 13 de la ley 768 de 2002. La unidad administrativa especial del sistema de parques nacionales naturales, no tendría facultades para la declaratoria de humedales, a no ser que le quiera dar el tratamiento de parque natural nacional a un humedal, en esta situación, la mejor decisión podría ser que se incorpore al listado internacional de humedales, cuya competencia está directamente en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Relaciones Exteriores y como se indicó anteriormente, tendrá monitoreo y gestión nacional e internacional.

Un humedal no es un área protegida, es un ecosistema estratégico, como lo son los páramos, los nevados, los arrecifes y los manglares, entre otros. La ley colombiana ha establecido algunas normas especiales para la gestión y amparo de algunos de estos ecosistemas, como lo es la ley 1930 de 2018 para la gestión integral de páramos. También se encuentra el decreto 2372 de 2010, compilado en el decreto 1076 de 2015, que regula lo concerniente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). No existe una norma especial que regulé la gestión sostenible de humedales en Colombia.

Los humedales son un ecosistema diferente al de páramos, aunque en estos pueden existir complejos de humedales; también son diferentes a los ecosistemas de bosques, que se gestionan a través del SINAP) y otras figuras de reservas forestales. Aunque pueden coexistir al interior de estas zonas, también son diferentes a las llanuras de inundación o zonas de retiros de ríos y quebradas. De lo anterior se infiere que, aunque los humedales pueden coexistir con otras figuras de conservación, tienen un tratamiento jurídico específico y tendrán medidas independientes para su gestión.

A continuación, se presentan las principales normas colombianas que incorporan supuestos de hecho para la gestión sostenible de los humedales, diferentes a RAMSAR. Se hará en orden cronológico (Tabla,1).



Tabla 1. Normas colombianas que han abordado el tema de los humedales.

Regulación	Artículo(s)	Descripción de la regulación
Decreto 2811 de 1974 (decreto ley - código de recursos naturales)	8, 18, 77, 78, 80, 83 86,88, 102, 103, 123, 133, 134, 137, 154 y 274. Por destacar. En la totalidad de articulados del decreto no se usó la denominación del término humedal o asociados.	<p>Esta ley es el pilar normativo para la conservación, preservación y uso racional de los recursos naturales renovables en Colombia. Regula principalmente lo concerniente a la atmosfera, la tierra, el suelo, la flora, la fauna, los recursos biológicos de las aguas, los recursos del paisaje y otros. Dentro de los principales artículos identificados y que tienen relación con el objeto de estudio de este trabajo se encuentran:</p> <p>El <u>art. 8</u> considera como factor de contaminación del agua, las alteraciones nocivas, la sedimentación, de sus flujos, la extinción o disminución cuantitativa o cualitativa de especies animales o vegetales (del agua) la eutroficación⁴. <u>Art. 18</u>. La utilización del agua e introducir sustancias aguas negras o servidas, se sujeta al pago de tasas. <u>Art. 77</u>. Indica que la parte iii, título i, capítulo i de la norma, regula el aprovechamiento de las aguas, dentro de ellas, las de los lagos, ciénagas, lagunas, y embalses naturales y artificiales. El uso del <u>art. 78</u> incorpora el concepto de aguas superficiales, si bien no incorpora la palabra humedal, se refiere a las aguas contenidas en lagos, pantanos, charcas, ciénagas, estanques o embalses. El <u>art. 80</u> establece que las aguas son de dominio público. <u>Art. 83</u>. Expresa que son bienes inalienables, e imprescriptibles, entre otros, una faja paralela a la línea de marea máxima o a las del cauce permanente de ríos, y lagos, hasta de 30 metros de ancho. El <u>art. 86</u> permite el uso y aprovechamiento de las aguas de dominio público, condiciona su aprovechamiento a que no se cause perjuicio a terceros, ese uso debe hacerse con diligencia y cuidado. El <u>art. 88</u> establece que el uso del agua solo puede hacerse a través de concesión. <u>Art. 102</u>. Debe solicitarse autorización para ocupar el cauce de una corriente o depósito de agua. El <u>art. 103</u> indica que se requiere permiso para establecer servicios de turismo, recreación, o deporte en lagos y demás depósito de agua de dominio público. El <u>art. 123</u> determina que sin permiso no se puede alterar ni el régimen, ni la calidad de las aguas. <u>Art. 133</u> determina que los usuarios de agua deben hacer uso eficiente, no permitir que se derrame o salgan de las obras que la deben contener y permitir la vigilancia e inspección.</p>

⁴ Crecimiento excesivo y anormal de la flora en lagos y lagunas: Literal o, artículo 8 del Decreto 2811 de 1974.

Regulación	Artículo(s)	Descripción de la regulación
		<p>Art. 134. El Estado debe clasificar las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento a partir de estudios, establece otros deberes para el Estado. <u>Art. 137.</u> Manifiesta que serán objeto de protección y de control especial las fuentes, cascadas, lagos y otros depósitos o corrientes de agua naturales o artificiales que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección. <u>Art. 154</u> define que el gobierno debe administrar a través de la autorización y control, de su aprovechamiento. <u>Art. 274.</u> La administración pública debe regular la actividad de pesca en aguas nacionales.</p>
<p>Decreto 1541 de 1978, modificado por el decreto 2858 de 1981 y compilado en el decreto 1076 de 2015, único del sector ambiente.</p>	<p>La mayoría de los articulados aplican en cuanto a lo que se refiere a aguas superficiales la palabra humedal/es no se denomina en ningún artículo.</p>	<p>Este decreto reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados. Desarrolla el art. 2 del decreto 2811 de 1974. Se resalta de este decreto las regulaciones asociadas a: el dominio de las aguas, -en el artículo 5 indica que son de uso público las aguas contenidas en lagos, lagunas ciénagas y pantanos- el art. 14 propone exclusión de las zonas aledañas a lagos de la titulación de tierras, también reglamenta las aguas y la declaratoria de reserva de agotamiento, restricciones y limitaciones al uso, correcta y eficiente utilización del agua. A modo de síntesis desarrollo lo contenido en el decreto 2811 de 1974.</p>
<p>Constitución política Colombiana 1991</p>	<p>8, 58 y 95, 313</p>	<p>De la Constitución Política se resaltarán los artículos 8, 58 y 95. El 8, obliga al Estado y los ciudadanos a preservar las riquezas naturales y culturales de la nación, el 58 actúa en dos extremos, por un lado, garantiza la propiedad privada, pero le impone límites y funciones. Los límites asociados al interés general y las funciones vinculadas a los servicios ecológicos que oferta propiedad. El artículo 95 dentro de los deberes del ciudadano están los de proteger las riquezas naturales y culturales del país.</p>
<p>Ley 99 de 1993</p>	<p>5</p>	<p>La ley 99 de 1993 es otro de los pilares normativos presentes en el ordenamiento jurídico colombiano. Crea el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y conforma el sistema nacional ambiental colombiano. En esta ley tampoco se encuentra la denominación de humedal en ninguno de los artículos. El numeral 24 del <u>art. 5</u> establece dentro de las funciones del ministerio, regular la conservación, preservación uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables</p>

Regulación	Artículo(s)	Descripción de la regulación
Ley 388 de 1997	8 y 10 y 104	<p>en las zonas marinas y costeras y también las condiciones de las ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos y continentales.</p> <p>La ley de ordenamiento territorial. El <u>art. 8</u> establece que la función pública de ordenamiento territorial será ejercida a través de la acción urbanística que también es, según el numeral 12 <i>ibidem</i>, la identificación y caracterización de los ecosistemas de importancia ambiental del municipio, actividad que se realizará de común acuerdo con las autoridades ambientales para su protección y manejo adecuado. Este artículo es concordante con el <u>art. 10</u> en el que se establece que hay normas de superior jerarquía a las definidas en el plan de ordenamiento territorial, que denominó determinantes; el numeral 1 expresó que son determinantes ambientales las regulaciones que expidan las entidades que hacen parte del sistema nacional ambiental, es decir, las autoridades ambientales, en este caso, también lo serán las disposiciones normativas que expida el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. El <u>art. 104</u> incorpora dentro de los criterios para definir como actividades sujetas a sanción urbanística, las actividades de parcelación, urbanización, construcción que se realicen sobre suelos de protección ambiental, determina expresamente los humedales y cuerpos de agua.</p>
Política nacional para humedales internos de Colombia (pnhic)– estrategias para su conservación y uso sostenible de 2002	N/a	<p>La pnhic fue el primer documento regulatorio para los humedales en el país, a través de esta política se obtuvo un diagnóstico general del estado de los humedales del país, diferentes a los RAMSAR. El objetivo general de la política propende por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales. De una lectura ligera de la política se puede identificar las acciones y líneas estratégicas que deben desarrollar las instituciones y las personas dentro de las cuales se identifican:</p> <p>1. <u>Estrategia 1. Manejo y sostenible</u>. Con dos líneas de gestión:</p> <p>Para el ordenamiento territorial: que propone las siguientes metas 1.1.1 caracterización de los</p>

Regulación	Artículo(s)	Descripción de la regulación
<p>Política nacional para humedales internos de Colombia (pnhic)– estrategias para su conservación y uso sostenible de 2002</p>	<p>N/a</p>	<p>humedales con identificación de usos existentes y proyectados y la definición y priorización de sus problemas y la evaluación de la estructura institucional de manejo. 1.1.2. Inclusión de criterios ambientales sobre los humedales en todos los procesos de uso de la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento territorial. 1.1.3. Elaborar planes de manejo para humedales para garantizar su oferta de servicios ambientales. 1.4. Promover la participación activa de la comunidad.</p> <p>Sostenibilidad ambiental sectorial: propone las siguientes metas: 1.2.1. Incluir criterios ambientales para el manejo y conservación de humedales en la planificación sectorial. 1.2.2. Que se obligue a realizar evaluaciones ambientales a los proyectos de desarrollo y actividades que puedan afectar los humedales. 1.2.3. Promover evaluaciones ecológicas y valoración económica de los humedales.</p> <p><u>Estrategia 2. Conservación y recuperación: con dos líneas de gestión: con dos líneas de gestión</u></p> <p>Conservación de humedales: 2.1.1. Diseñar y desarrollar programas de conservación de ecosistemas de humedales y especies amenazadas. 2.1.2. Establecer medidas para garantizar el control a la incorporación de especies invasoras.</p> <p>Rehabilitación y restauración de humedales degradados. Con las siguientes metas: 2.2.1. Diseñar y ejecutar programas regionales para recuperar y restaurar humedales e incluirlos como áreas de manejo especial en los procesos de ordenamiento territorial.</p> <p><u>Concientización y sensibilización: con una línea de gestión:</u></p> <p><u>Concientización y sensibilización sobre humedales. Tiene dos metas: 3.1.1. Formular y ejecutar un programa nacional de educación para humedales y 3.1.2. Establecer un programa de comunicación para difundir la importancia y los valores y funciones de los humedales del país.</u></p> <p>Más adelante se precisará sobre el alcance de los alcances jurídicos de una política pública.</p>

Regulación	Artículo(s)	Descripción de la regulación
Resolución 157 de 2004	Todos los artículos	Podría decirse que es la única norma que directamente incorpora unificadamente supuestos de hecho para la gestión de los humedales. Es atípico que se haya regulado en una resolución, preferiblemente debió quedar consignado en un decreto. Regula el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales y se desarrollan aspectos para los humedales de importancia internacional RAMSAR. Esta resolución se complementa con la no. 196 de 2006 que regula la metodología para la elaboración de los planes de manejo de los humedales.
Resolución 196 de 2006	Todos los artículos y la guía técnica	Esta resolución adopta la guía técnica para la elaboración de los planes de manejo de los humedales. En la introducción expone que la guía tiene por alcance determinar los planes de manejo para los humedales de origen natural, es decir, los artificiales quedan excluidos de la regulación.
Resolución 1128 de 2006	2	<u>Art. 2.</u> Este artículo precisa la competencia, quienes tienen a cargo la función de expedir los planes de manejo, lo serán los consejos directivos o juntas de las autoridades ambientales competentes.
Decreto 3930 de 2010, compilado por el decreto 1076 de 2015	La mayoría de los articulados aplican en cuanto a lo que se refiere a aguas superficiales: escasamente se denomina la palabra humedal/es	Este decreto establece condiciones generales para el vertimiento a los cuerpos de agua, además, consideraciones para el ordenamiento del recurso hídrico a través de la clasificación de las aguas superficiales, subterráneas y marinas y la posibilidad de definir su destinación genérica a través de los diferentes usos. También proporciona la posibilidad para que se fijen en las que se prohíba el desarrollo de actividades como la pesca, el deporte y otras similares de forma temporal o definitiva.
Decreto 1640 de 2012 compilado en el decreto 1076 de 2015 y la guía técnica para la formulación de POMCA .	19, 28 y 35	Reglamenta los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Dentro de los lineamientos para la formulación de los POMCA'S, se establece que los humedales deben ser clasificados en la categoría de conservación y protección ambiental, ya que se consideran áreas de importancia ambiental.

Como se observa, la normatividad colombiana en materia de humedales se encuentra dispersa. Después de expedida la política nacional, se inició un marco regulatorio un poco más concreto, pero excluye de este a los humedales artificiales, tal es el caso de la resolución 196 de 2006, que propone una guía metodológica para la expedición de los planes de manejo para los humedales, en el que en su parte introductoria define que solo se aplicará a los humedales de origen natural.

Humedales como propiedad privada

En este apartado se responderá a la pregunta: ¿De quién son los humedales? En términos del Código Civil en su artículo 669⁵, la propiedad en Colombia implica la existencia de un derecho real⁶ que se tiene sobre una cosa corporal o incorporal, que faculta a su titular para usar, gozar, y disponer de ella. ¿Podrá disponerse, usarse y gozar sin limitación alguna, un predio que contiene un humedal? Veamos: el derecho de dominio, o propiedad, concede a su titular unas facultades plenas que le confieren el poderío para ejercer su derecho de manera exclusiva, en tanto, solo el propietario puede oponerse a la intromisión de un tercero en su ejercicio. Además de los atributos dominicales⁷ de la propiedad, se pueden resumir sus características como: 1. Un derecho perpetuo que se incorpora al patrimonio de una persona, que dura mientras persista el bien sobre el cual se incorpora el dominio y que en principio, por su falta de uso, no se extingue⁸. 2. Un derecho autónomo, en tanto es un derecho real principal que no depende de otros derechos para existir. 3. Un derecho irrevocable, pues su extinción o su transferencia debe de obedecer en principio a la autonomía privada de la voluntad de las partes y 4. Es un derecho real teniendo en cuenta que se trata de un poder jurídico que se otorga sobre una cosa, con el deber correlativo de ser respetado por todas las personas.⁹ En términos simples, poseer un predio que contienen un humedal, le otorga a su titular una protección jurídica de dominio y tenencia.

Sin embargo, el tratamiento jurídico que recibe la propiedad en nuestro país depende de la clase de propiedad que se ejerce sobre el bien, y en ese orden de ideas, podemos identificar, según la Constitución Política y el Código Civil,

⁵ Artículo 699 "El dominio (que se llama también propiedad) es el derecho real en una cosa corporal, para gozar y disponer de ella, no siendo contra ley o contra derecho ajeno. La propiedad separada del goce de la cosa se llama mera o nuda propiedad."

⁶ Es un derecho real teniendo en cuenta que se trata de un poder jurídico que se otorga sobre una cosa, con el deber correlativo de ser respetado por todas las personas.

⁷ Son atributos dominicales el: Uso, goce y disposición.

⁸ En Colombia, opera la figura de la posesión como un hecho, es la tenencia de una cosa acompañada del ánimo de señor dueño, y que tiene reconocimiento como institución jurídica en el ordenamiento jurídico, por lo que se le reconocen consecuencias jurídicas, el poseedor que no tiene la calidad de propietario, puede aspirar obtener tal calidad, mediante un proceso de pertenencia, y bajo el modo de la prescripción adquisitiva.

⁹ Sentencia, C-750-15 Corte Constitucional de Colombia.

dos grupos: propiedad privada y propiedad pública, conceptos necesarios de entender para poder desarrollar la pregunta de la titularidad de los humedales en Colombia. El primero de ellos, en cabeza de los particulares, quienes en virtud del derecho de dominio como derecho real, gozan y disponen libremente de sus bienes, sin embargo los segundos, que implican titularidad de dominio a favor del Estado, demanda, sean distinguidos en otros dos grandes grupos para el desarrollo de este trabajo¹⁰, que podrían definirse como: a) los bienes del Estado de uso público y b) los bienes fiscales, esta clasificación de la propiedad pública conlleva la imposición de una delimitación, que se evidencia en el artículo 63 de la constitución¹¹.

Propiedad pública

Por definición legal, en términos del Código Civil, artículo 674, aquellos bienes que pertenecen a la república son bienes de la unión y dentro de estos, se distinguen los bienes de la titularidad en cabeza del Estado, que cuentan con un uso que pertenece a todos los habitantes del territorio, lo que los cataloga como bienes de la unión de uso público y aquellos que cuentan con uso menos generalizado, en tanto su uso no está destinado a los habitantes, reciben el nombre de bienes fiscales.

Acogiéndonos al criterio clasificador de las clases de propiedad, para sala de consulta y servicio civil, consulta nro. 75 del 29 de noviembre de 1995, se indicó, que la propiedad puede ser: "privada, estatal y la pública".

De otro lado:

La propiedad estatal comprende los bienes que el Estado posee como propiedad privada, en condiciones similares a la que detentan los particulares. Pero también y principalmente, comprende aquellos elementos constitutivos del territorio de Colombia con respecto a los cuales tiene un dominio eminente que le permite el ejercicio de actos de soberanía: tales son el suelo (territorio continental e islas, islotes, cayos, morros y bancos que le pertenecen), el subsuelo, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental, la zona económica exclusiva, el espacio aéreo, el espectro electromagnético y el espacio donde actúa, y un eventual segmento de órbita geoestacionaria, de conformidad con el derecho internacional o con las leyes Colombianas a falta de normas internacionales. De modo que el territorio, "con los bienes públicos que de él forman parte", pertenecen a la nación, personificación jurídica del Estado (arts. 101, 102 y 332 de la constitución).

¹⁰ La propiedad pública se divide en Bienes de la Unión de uso Público, bienes fiscales, bienes vacantes, bienes mostrencos y bienes baldíos.

¹¹ Art. 63 Constitución Política 1991: Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

Finalmente, la propiedad pública, conformada por los bienes de dominio público, tiene también como titular principal al Estado, pero admite excepcionalmente la titularidad de particulares. Esta clase de propiedad está destinada o afectada legalmente a un uso público, a un servicio público, o al fomento de la riqueza nacional. La constituyen, por consiguiente, los bienes de uso público, tales como ríos, playas marítimas y fluviales, calles, caminos, puentes, plazas, cuyo uso pertenece a todos los habitantes del territorio; los bienes fiscales o patrimoniales que, afectados a la prestación de servicios públicos, se subdividen en "fiscales comunes" (edificios de las oficinas públicas, escuelas, hospitales, cuarteles, granjas experimentales, los lotes de terreno destinados a obras de infraestructura dirigidas a la instalación o dotación de servicios públicos", en "estrictamente fiscales" (los dineros a disposición de las tesorerías, los impuestos, las multas, los recursos del presupuesto) y en "fiscales adjudicables", esto es, los baldíos destinados a ser adjudicados para su explotación económica; y los bienes que forman el patrimonio arqueológico, cultural e histórico de la nación, incluyendo los inmuebles de propiedad particular que hayan sido declarados monumentos nacionales conforme a la ley 163 de 1959 y su decreto reglamentario 264 de 1963. Existen también los bienes parafiscales, originados en contribuciones parafiscales y que tienen un tratamiento especial.

Estas distinciones son importantes, toda vez que la Constitución Política Colombiana de 1991, define en su artículo 63, en relación con los bienes de uso públicos, tres características esenciales: la inalienabilidad, inembargabilidad y la imprescriptibilidad.¹²

Estudiar la titularidad de los humedales, implica también estudiar su naturaleza jurídica, entre públicos y privados y con ello, entender si es posible dar por sentado las características antes citadas (propia de los bienes de uso públicos) o si, por el contrario, en caso de ser de un particular, estos estarían en la libertad del derecho privado para, usar, gozar y disponer de ellos, ¿A quién le correspondería entonces, la protección del humedal?

Propiedad privada en Colombia: función social, ecológica y económica

La concepción civilista del derecho a la propiedad en los términos del artículo 669 citado anteriormente, constituyó un rezago de una concepción individualista de la propiedad, donde el hombre era concebido como el centro, en esa medida los derechos adquiridos debían ser respetados, de tal manera que no era posible coincidir ninguna limitación, pese a que desde la misma Constitución Nacional (1986), se había incorporado el concepto de la función social.

¹² Sentencia T-566/92

Con la Constitución Política de 1991, se constituyó en Colombia un modelo estatal y jurídico que implicó la creación del estado social de derecho, la que entre otros aspectos, garantizaba al particular, la propiedad privada con las características antes enunciadas, pero moduló el concepto, restringiendo o relativizando los poderes del propietario para lograr armonizar los intereses de la comunidad y el principio de la solidaridad. Para ello, el ordenamiento jurídico previendo la posibilidad y la necesidad de privar a una persona de su derecho a la propiedad, incluso en contra de su voluntad, en virtud de los principios antes enunciados, determinó que la intromisión del Estado en el derecho de propiedad privada debe estar previamente justificada y debidamente motivada¹³.

Así lo deja claro la Constitución Política de 1991, en su artículo 58, al establecer que se garantiza la propiedad privada y no podrá existir expropiación sin indemnización:

Se garantiza la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivos de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social.

La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.

El Estado protegerá y promoverá las formas asociativas y solidarias de propiedad. Por motivos de utilidad pública o de interés social definidos por el legislador, dicha expropiación podrá adelantarse por vía administrativa, sujeta a posterior acción contenciosa– administrativa, incluso respecto del precio (Constitución Política de Colombia, 1991).

La anterior concepción de la propiedad, implica la necesidad de estudiar otros conceptos transversales a la concepción jurídica de esta, los cuales son: el territorio, su ordenamiento y el desarrollo sostenible de este, y así conservar, de tal manera en que puedan coexistir el uso, el goce y la disposición de la propiedad privada, con el derecho a la ciudad, el derecho a un ambiente sano, y el derecho colectivo del medio ambiente.

¹³ Sentencia C-598-99 del 18 de agosto de 1998, Magistrado Ponente Dr. Carlos Gaviria Díaz, la Corte Constitucional declaró estese a lo resuelto en la Sentencia C-595-99. En dicha sentencia se expone la evolución del concepto de propiedad, que había pasado de una concepción netamente individualista desde la Constitución Política de 1986, a una concepción más colectiva, donde se habló de la función social de la propiedad por primera vez en Colombia y la incorporación en 1991 de la función ecológica de la propiedad, sin desconocer con ello, la función económica que tiene la propiedad.

Desde 1991, la propiedad privada, en el ordenamiento jurídico colombiano, es un derecho subjetivo propio de los regímenes liberales, a la que le son inherente tres funciones, en el marco unos principios a saber:

1. La garantía a la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles.
2. La protección y promoción de formas asociativas y solidarias de propiedad.
3. El reconocimiento del carácter limitable de la propiedad.
4. Las condiciones de prevalencia del interés público o social sobre el interés privado.
6. Función social, ecológica y económica.

De acuerdo con lo anterior, hoy una definición de la propiedad privada, más ajustada a la legalidad y constitucionalidad en Colombia, pasa por entenderla como un derecho real¹⁴ que se tiene sobre una cosa corporal o incorporal, que faculta a su titular para usar, gozar, y disponer de ella, siempre y cuando a través de su uso se realicen las funciones sociales y ecológicas que le son propias¹⁵.

La propiedad pública o privada se desarrolla en un territorio, entendido este, en términos de Folch (2003), como un conjunto integrado por condicionantes bioclimáticos, geomorfológicos, hidrogeológicos y ecosistémicos que conforman la matriz biofísica de un espacio determinado (clima, suelo, flora, fauna, relieve e hidrografía). Es indispensable modificar la matriz biológica y contar con un espacio antropizado que logre satisfacer las necesidades de quien principalmente habita esta matriz, es decir, el hombre. Sin embargo, la manera en la que se permite la intervención del territorio es determinante para su deterioro o para su planificación y adecuado aprovechamiento.

En virtud de lo anterior, los limitantes a la propiedad privada que bien se han expuesto, tienen su fundamento constitucional en la función social y ecológica, que se traducen posteriormente en la ponderación de dos derechos: el derecho a la propiedad privada vs el derecho a la ciudad. Estos derechos se desarrollan en un espacio finito, el cual es, el mercado del suelo. El derecho a la ciudad, refiere también un derecho a un ambiente sano, y se impone en la Constitución Política de Colombia, al demandar una especial protección, cuando existen bienes que, por sus características especiales e importancia ecológica, requieren la conservación, la restauración o sustitución y en general que el territorio obedezca a un desarrollo sostenible.

¹⁴ Es un derecho real teniendo en cuenta que se trata de un poder jurídico que se otorga sobre una cosa, con el deber correlativo de ser respetado por todas las personas.

¹⁵ Sentencia C-189/06

Ahora, como bienes que demandan una especial protección, se encuentran los humedales, que como se indicó anteriormente en este capítulo, no tenían una definición legal o normativa clara en Colombia, y en cambio, se hablaba del agua como un recurso hídrico. En ese sentido, el ordenamiento se centraba en identificar su naturaleza jurídica y su titularidad, donde se indicaba que los ríos y las aguas que corrían por el cauce natural eran bienes del Estado y de uso público¹⁶.

Sin embargo, el Código Civil, indicó que la excepción a la regla general, serían aquellas aguas que nacen y mueren dentro de una misma heredad, y serían bienes de naturaleza privada.

En coherencia con lo expuesto por el Código Civil, el decreto-ley 2811 de 1974, estableció una especial protección a los recursos hídricos, e indicó que las aguas serían de dominio público, por tanto, inalienables e imprescriptibles con excepción de los derechos privados adquiridos con arreglo a la ley (artículo 80 y 83). Asimismo, se aclara que un agua nace y muere en una heredad cuando brota naturalmente a su superficie y se evapora o desaparece bajo la superficie de la misma heredad (artículo 81). Finalmente, el citado decreto ley, definió en su artículo 83, como bienes de uso público el lecho de los depósitos naturales de agua y una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho.

La primera pregunta planteada en este acápite del trabajo, en relación con la naturaleza jurídica, partiendo desde la titularidad de los humedales, entre públicos y privados, queda resuelta con el marco jurídico antes analizado, pues es posible indicar que en Colombia los humedales son, por regla general, de propiedad del Estado, y en consecuencia tienen las características de los bienes de uso público, son por tanto inalienables, inembargables e imprescriptibles. Sin embargo, la excepción está dada cuando un humedal se encuentra ubicado en suelo privado, pues allí se reconoce la titularidad del particular en los términos del artículo 80 del decreto ley 2811 de 1974, el cual exceptúa de este tratamiento las aguas que han implicado derechos privados adquiridos antes de 1974, fecha en que se expide el código de recursos naturales y que consolida la titularidad de los humedales como bienes de uso público, y también serán una excepción las aguas que nacen, crecen y mueren en la misma heredad y por tanto son por definición legal, bienes inmuebles por naturaleza, y de titularidad privados.

¹⁶ Artículo 677 del Código Civil: <Propiedad sobre las aguas>. Los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales son bienes de la Unión, de uso público en los respectivos territorios.

Exceptúanse las vertientes que nacen y mueren dentro de una misma heredad: su propiedad, uso y goce pertenecen a los dueños de las riberas, y pasan con estos a los herederos y demás sucesores de los dueños.

Con la anterior conclusión, la pregunta más interesante de resolver, ya no resulta ser la titularidad de los humedales, sino aquella que se refiera a su protección, en especial, cuando el humedal es de propiedad privada, ¿a quién le corresponde protegerlo?

Bien podría afirmarse que existe una corresponsabilidad de la protección del humedal, entre el público y el Estado que va más allá de la titularidad misma de este¹⁷, no en vano, la Constitución Política de 1991 establece en el artículo 8 que no solamente es deber del Estado, sino además de los particulares, la protección de los recursos naturales y culturales. Pero ¿Cómo imponer los límites a la propiedad privada, en relación con los humedales, sin ser arbitrarios y sin aniquilar el ejercicio de la propiedad privada?

El Estado y los particulares, tienen la obligación constitucional y legal de proteger el medio ambiente y garantizar en consecuencia el uso racional y sostenible de los recursos naturales renovables. Es indispensable que el ordenamiento jurídico dote de herramientas jurídicas al Estado, para que pueda ejercer control sobre el uso y goce de bienes que, a pesar de ser privados, demandan una protección especial. La figura jurídica de la afectación a bien de uso público¹⁸, como un límite a la propiedad privada, se convierte en un medio que permite garantizar la protección jurídica del humedal, y que demanda se logre materializar la corresponsabilidad de la protección, del humedal, al justificar existencia en las ya estudiadas funciones de la propiedad privada.

Va tomando forma entonces la posición jurídica en la cual, teniendo en cuenta el concepto de derechos adquiridos y la función social y ecológica de la propiedad, es posible en Colombia concebir la existencia de bienes privados (titularidad), afectados a un uso público, sin que ello implique el cambio en la naturaleza jurídica particular del bien en cuanto a su titularidad¹⁹. Esta posición es asumida por la sala de consulta y servicio civil, en expediente núm. 642 de 28 de octubre de 1994²⁰ y 75 del 29 de noviembre de 1995 (ibídem). En esta se indica que existe la propiedad pública en Colombia, haciendo justamente referencia a la posibilidad

¹⁷ Todas las personas tienen el deber de proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano (art. 95 C.P.), así como colaborar en la protección de la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (art. 79 C.P.)

¹⁸ Sentencia No. T-150/95: La afectación consiste en una manifestación de voluntad expresa del poder público, por medio del cual se incorpora un bien al uso o goce de la comunidad, ya sea directo o indirecto.

¹⁹ Ver Código Civil artículo 674: "Los puentes y caminos construidos a expensas de personas particulares, en tierras que les pertenecen, no son bienes de la unión, aunque los dueños permitan su uso y goce a todos los habitantes del territorio."

²⁰ Dadas sus características y funciones naturales, los humedales son bienes de uso público, salvo los que formen parte de predios de propiedad privada, aunque en este último caso la función social y ecológica de la propiedad permite a la autoridad competente el imponer limitaciones con el objeto de conservarlos.

que tiene el Estado de afectar el uso, goce y disposición de la propiedad privada, y más cuando sobre ella existen bienes que por los servicios ecosistémicos que prestan, son entendidos como una manifestación del derecho colectivo al medio ambiente, que los hace un sujeto de especial protección, como ocurre con los humedales; expresamente es señalado:

Los humedales, cuando son reservas naturales de agua, están constituidos jurídicamente como bienes de uso público y por tanto, son inalienables e imprescriptibles, por mandato del artículo 63 de la Constitución Política. Cuando se encuentran en predios de propiedad privada, pueden ser preservados como tales en razón del principio constitucional según el cual el interés público o social prevalece sobre el interés particular [...].

En tal caso, la jurisprudencia ha dejado claro que estos llevan *per se*, la función social y ecológica de la propiedad y en consecuencia la autoridad ambiental y territorial deberá imponer los límites necesarios con el objeto de poder conservarlos²¹. Es allí donde el ordenamiento jurídico vigente propone que se establezca una caracterización, delimitación y el establecimiento de planes de manejo para su conservación y uso sostenible. Decisiones en las que pueden intervenir los ciudadanos.

Aclarado lo anterior, que el humedal sea considerado un bien de uso público, independiente de la titularidad de este, implica que los humedales son inalienables, imprescriptibles y que su protección principal recae en el Estado, aunque también en los particulares de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la constitución.²²

El bien de uso público por la finalidad a que está destinado otorga al Estado la facultad de detentar el derecho a la conservación de estos y por tanto la normatividad que los regula ordena velar por el mantenimiento, construcción y

²¹ Ver sentencia: Consejo de Estado- Sala de lo Contencioso Administrativo Sección primera, Consejero ponente: GUILLERMO VARGAS AYALA- Bogotá, D.C., veintiocho (28) de mayo de dos mil quince (2015), Radicación número: 63001-23-31-000-2012-00032-01(AP). en Colombia, los humedales, "...gozan de una protección constitucional reforzada en tanto que por ser bienes de uso público prevalece la protección de estos frente a derechos particulares. Por ende, (i) si un humedal se encuentra ubicado en una propiedad privada el Estado puede establecer limitaciones y cargas al derecho de dominio del propietario en aras de garantizar la conservación del humedal, lo cual resulta legítimo en virtud de la función social y ecológica inherente a este derecho, (ii) el Estado puede expropiar el derecho de propiedad privada cuando de la protección al humedal se trate y esta no resulte viable por medio de simples limitaciones al ejercicio de las facultades dominicales, y (iii) por regla general no se admite la existencia de derechos adquiridos sobre los humedales, salvo cuando estos se encuentran al interior de una propiedad privada debidamente acreditada."

²² Véase sentencia Consejo De Estado- Sala de lo Contencioso Administrativo- Sección Primera- Consejero ponente: Hernando Sánchez- Bogotá, D.C., veintiuno (21) de junio de dos mil dieciocho (2018)-Radicación número: 25000-23-24-000-2013-00008-01(AP).

protección de esos bienes contra ataques de terceros. La protección se realiza a través de dos alternativas: por un lado, la administrativa, que se deriva del poder general de policía del Estado y se hace efectivo a través del poder de sus decisiones ejecutorias y ejecutivas. Por otro lado, existe otra alternativa que permite la defensa de los bienes de uso público, que es la posibilidad que tienen los habitantes de recurrir a la vía judicial a través de acciones posesorias, reivindicatorias o la acción popular.

Para recoger lo expresado hasta el momento. El artículo 669 del Código Civil expone tres atributos de la propiedad, a saber: 1. El uso, 2. El goce y 3. La disposición. En tal sentido, podría afirmarse que el titular de un predio que alberga un humedal verá afectado únicamente el derecho al uso, ya que la destinación que deberá darle al predio será de conservación por la declaratoria de utilidad pública y facultará a la autoridad competente para que en el plan de manejo de un humedal se establezcan atributos a ese uso, por ejemplo, podría destinarse para un uso paisajístico, o de estudio y conocimiento, excluir la actividad de pesca y navegación. Es decir, el propietario no pierde la titularidad, el predio no pasa a ser de propiedad del Estado, pero el Estado le impone limitaciones al derecho que tiene de usar. Tal facultad se sustenta en el artículo 58 de la Constitución, en el que se determina que la propiedad cumple una función social y ecológica y en el artículo 8 *ibídem*, que define que la responsabilidad de proteger los recursos naturales también está en cabeza de los particulares.

Los humedales como ecosistema estratégico

Es preciso diferenciar los humedales de otros ecosistemas, ya que cada uno, de acuerdo a sus condiciones físicas, servicios ecosistémicos y apropiación ciudadana, ofrecen un instrumento jurídico para su gestión sostenible. Para que un ecosistema se convierta en área protegida, deberá ceñirse a los criterios propuestos en el decreto 2372 de 2010, hoy compilado en el decreto 1076 de 2015. En este se proponen tres categorías principales de áreas protegidas, a saber: 1. Parques naturales, 2. Reservas forestales protectoras y 3. Distritos de manejo integrado, que podrán ser del orden nacional o regional. Serán nacionales las declaradas por la unidad administrativa especial, denominada parques naturales nacionales de Colombia o el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Serán de orden regional las declaradas por las autoridades ambientales regionales. La declaratoria se hace a través de un acto administrativo. También están las áreas protegidas de la reserva de la sociedad civil, en las que los particulares deciden, de forma autónoma, delimitar como área protegida predios de su titularidad. En todo caso, todas las áreas protegidas se integran al sistema nacional de áreas protegidas, y tienen registro. En cuanto a los humedales, solo hay registro para los RAMSAR.

En cuanto a la propiedad y el registro predial, el artículo 2.2.2.1.3.11. Del decreto 1076 de 2015 (d. 2372 de 2010), establece la obligatoriedad de inscribir en cada uno de los folios de matrícula inmobiliaria de los predios que se encuentran al interior de un área protegida, el acto administrativo que así lo declara. Ello con el fin de publicitar que un inmueble tiene una vocación de protección y conservación. Este registró solo existe para las áreas protegidas, los humedales, áreas de páramo. Zonas de recarga hídrica que no se encuentren al interior de un área protegida, no tendrán tal publicidad.

Páramos. Los humedales tampoco son páramos, aunque dentro de los páramos se pueden encontrar complejos de humedales. Los páramos tienen una legislación especial, la ley 1930 de 2018, que tiene por objeto establecer como ecosistema estratégico a los páramos y fija directrices para su conservación, integralidad, preservación, restauración, usos sostenible y generación de conocimiento. Esta ley también excluye el uso asociado a actividades mineras, es decir, el titular de un predio que se encuentre en zona de páramo, no podrá realizar minería.

Otros ecosistemas estratégicos que no son humedales son las áreas delimitadas a través de la ley 2 de 1959, bosque seco, llanuras de inundación, zonas de arrecifes, manglares, reservas biofísicas, suelos de protección definidos en los planes de ordenamiento territorial y suelos vinculados a zonas de alto riesgo. Cada una de las anteriores podrá tener un instrumento de gestión.

Clasificación de los humedales

En este apartado del texto se presentará una propuesta de clasificación, que tendrá por objeto facilitar su entendimiento y contribuir a su conservación y gestión sostenible (Tabla 2).

Según su denominación. 1. *Serán humedales RAMSAR* aquellos que se delimiten e incorporen en el listado internacional del convenio y que surtieron todas las fases para la determinación de importancia universal. 2. *Serán humedales en proceso RAMSAR*, aquellos que se encuentran en alguna de las fases para ser incorporados en el listado internacional RAMSAR. 3. *Serán denominados humedales*, los que no estén declarados en ninguna de las categorías anteriores y que cumplan con los criterios establecidos a nivel nacional para su definición.

Según su reconocimiento. 1. *Serán humedales reconocidos*, aquellos que se incorporen cartográficamente en un acto administrativo, o por norma, sea por la autoridad ambiental competente, o por un ente territorial. 2. *Humedales que no han sido reconocidos*, serán aquellos humedales que reúnen las características descritas en la definición de humedal, pero que no se encuentran delimitados cartográficamente, ni reconocidos en ningún acto administrativo. Estos podrán ser objeto de apropiación ciudadana y sugeridos para que sean incluidos en acto administrativo y representado cartográficamente.

A su vez, los humedales reconocidos se pueden clasificar según el acto administrativo que los reconozca y se distinguen por que están representados y delimitados cartográficamente en un mapa, a saber:

Humedal con instrumento de gestión. Estos serán los humedales que han surtido un debido proceso para su delimitación, reconocimiento y gestión. Podrán identificarse fácilmente porque cuentan exclusivamente con un acto administrativo expedido por la autoridad ambiental competente, el cual los reconoce y delimita, han surtido procesos de apropiación o participación ciudadana y cuentan con un plan de manejo vigente, o en trámite de elaboración. En este plan de manejo se definen objetivos de conservación y medidas para su gestión. Asimismo, se tiene una destinación de recursos y un plan de trabajo para su conservación y uso sostenible.

Humedales POMCA. Serán aquellos humedales delimitados en el acto administrativo que acoge la formulación de un plan de ordenación y manejo de cuenca hidrográfica (POMCA). Estos podrían estar representados únicamente en la cartografía, sin que se haya desarrollado un instrumento para su gestión.

Humedal en área protegida. Estos serán los humedales que han quedado incorporados en la delimitación que se realice de un área protegida y podrían estar simplemente representados cartográficamente sin un instrumento de gestión.

Humedal páramo. Serán aquellos humedales que se encuentran al interior de la delimitación de un complejo de páramo y posiblemente no cuenten con instrumento de gestión y manejo.

Humedales en llanura de inundación. Serán humedales que no están reconocidos en un acto administrativo, pero que la norma asociada a la protección de llanura de inundación los protege indirectamente. Se encuentran al interior de la ronda hídrica o zonas próximas a la misma. No necesariamente se encuentran representados cartográficamente o delimitados como humedal, pero por estar dentro de la ronda hídrica son objeto de conservación. Podrían contar con instrumento de gestión y diferenciarse de la ronda hídrica para establecer medidas de manejo para su conservación y uso sostenible, lo cual se lograría a partir de la apropiación ciudadana y el conocimiento.

Humedales POT. Serán aquellos humedales incorporados en el acto administrativo que acoge el plan de ordenamiento territorial. Estos podrían estar delimitados cartográficamente en el capítulo del plan de ordenamiento, donde se describe la estructura ecológica principal. Se incluyen en esta clasificación, pues en razón del principio de rigor subsidiario, un ente territorial, podría reconocer una zona del territorio que no ha sido incorporado en otro acto administrativo emitido por autoridad ambiental o norma nacional.

Según la titularidad. Dependiendo del propietario del predio en el que se encuentre el humedal, estos podrán ser: 1. *Humedales en propiedad privada*, serán aquellos humedales que están al interior de uno o más predios cuya titularidad es de un privado, persona natural o jurídica. 2. *Humedales en propiedad pública*, serán aquellos humedales que se encuentran al interior de un predio, cuyo titular es una entidad del Estado, independiente de su naturaleza. 3. *Humedales en propiedad baldía*, serán aquellos humedales que se encuentran al interior de un predio que no tiene dueño, cuya titularidad está en cabeza del Estado, en coherencia con lo definido en el artículo 63 de la Constitución Política, serán inalienables, inembargables e imprescriptibles. Podría afirmarse que el Estado no podrá adjudicarlos a privados en los procesos de titulación de predios adelantados por la agencia nacional de tierras.

Según su intervención. Esta clasificación se incorpora para diferenciar aquellos humedales que se han formado como consecuencia de la intervención humana. Serán 1. *Humedales naturales*, aquellos que se han formado sin intervención antrópica y como consecuencia de fenómenos naturales. Estos a su vez podrán ser permanentes o temporales. 2. *Humedales artificiales*. Estos humedales se han formado como consecuencia de una intervención antrópica, es decir, el hombre ha incidido en su constitución y formación. A su vez estos pueden haberse formado intencionalmente o consecuencialmente, los primeros a partir de una actividad planificada y controlada y los últimos, por una acción no planificada. Por ejemplo, cuando se han abandonado actividades extractivas o de movimientos de tierras, que posteriormente, por la morfología del terreno y las condiciones hídricas e hidráulicas de la zona se llenan de agua.

Servicios ecosistémicos de los humedales

Los humedales ofrecen diferentes beneficios y servicios, no solo a los humanos, sino a las demás especies y al medio ambiente. En la evaluación de los ecosistemas del milenio²³, más específicamente en el informe denominado los ecosistemas y el bienestar humano, se resumen algunos servicios prestados por estos ecosistemas. A partir de los servicios ecosistémicos, podría establecerse una clasificación adicional que ayude a una mejor comprensión y entendimiento. Dependiendo de sus servicios ambientales y su caracterización, podrían ser destinatarios de un

²³ La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) fue convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan en el año 2000. Iniciada en 2001, la EM tuvo como objetivo evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las bases científicas para las acciones necesarias para mejorar la conservación y el uso sostenible de los mismos, así como su contribución al bienestar humano. La EM ha involucrado el trabajo de más de 1.360 expertos de todo el mundo. Sus conclusiones, contenidas en cinco volúmenes técnicos y seis informes de síntesis, proporcionan una valoración científica de punta sobre la condición y las tendencias en los ecosistemas del mundo y los servicios que proveen (tales como agua, alimentos, productos forestales, control de inundaciones y servicios de los ecosistemas) y las opciones para restaurar, conservar o mejorar el uso sostenible de los ecosistemas.

instrumento de gestión más adecuado, que defina claramente sus objetivos de conservación y las medidas de manejo para su preservación, restauración y uso sostenible, y que se plasmará en un plan de manejo. En tal sentido se propone la siguiente clasificación según los servicios ambientales que ofrecen los humedales.

1. *Humedales de aprovisionamiento.* Serán aquellos que tienen la capacidad de ofrecer alimento, que tienen agua disponible para uso doméstico, industrial y agrícola, de los que se puede extraer leña, troncos, algas, forrajes y similares. Asimismo, pueden ofrecer la posibilidad de generar elementos base para la medicina u otros materiales. Asimismo, pueden tener condiciones óptimas para aprovisionar material genético para la resistencia a patógenos de plantas, especies ornamentales y otras.
2. *Humedales de regulación.* Serán aquellos humedales que ofrecen servicios de regulación al clima, tales como sumideros de carbono. Pueden influir en la regulación de la temperatura, precipitaciones y otros procesos climáticos. También ofrecen servicios de regulación hídrica, muy importantes en los fenómenos de variabilidad climática, en los que se presentan precipitaciones abundantes, disipando y mitigando los fenómenos de inundación. Adicionalmente servicios de purificación de agua y residuos a través de la retención, recuperación y eliminación de exceso de nutrientes y otros compuestos. Finalmente, servicios para la regulación de la erosión, reteniendo sedimentos y protegiendo el suelo, así como hábitat a polinizadores.
3. *Humedales para servicios culturales:* estos tienen apropiación ciudadana, étnica y cultural para el desarrollo de actividades espirituales, religiosas, recreativas, estéticas, paisajísticas y para la educación.
4. *Humedales para servicio de apoyo.* Estos humedales ofrecen otros servicios para la formación de suelo a través de la retención de sedimentos y de materia orgánica, además, almacenan, reciclan y procesan nutrientes.



Tabla 2. Categorización de humedales

Categorización de humedales				
Clasificación	Tipo	Característica	Categoría	Uso sugerido
Según su denominación	Humedal RAMSAR	Humedal incluido o en trámite en listado RAMSAR	Humedal RAMSAR	El definido en el plan de manejo
	Humedal en proceso RAMSAR			
	Otros humedales	Humedal no incluido en el listado RAMSAR	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos
Según su reconocimiento	Humedal con instrumento de gestión	Humedal con plan de manejo o en trámite	Humedal con instrumento de gestión	El definido en el plan de manejo.
Según su reconocimiento	Humedal POMCA	Humedal en POMCA	Humedal reconocido	El que se defina en el plan de manejo. Dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos.
	Humedal en área protegida	Humedal en área protegida	Humedal reconocido	Conservación y actividades afines.
	Humedal en páramo	Humedal en páramo.	Humedal reconocido	Conservación y actividades afines.
	Humedal en llanura de inundación	Humedal en llanura de inundación, reconocido/no con/sin plan de manejo	Humedal reconocido	Preferiblemente conservación y actividades afines.
	Humedal POT	Humedal en el plan de ordenamiento territorial. No reconocido por la autoridad ambiental	Humedal reconocido	Dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos.

Categorización de humedales				
Clasificación	Tipo	Característica	Categoría	Uso sugerido
Según su titularidad	Humedales en propiedad privada	Humedal en propiedad privada.	Humedal, reconocidos o no reconocidos	Conservación, dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos.
Según su titularidad	Humedales en propiedad pública	Humedal en propiedad pública.	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos
	Humedal en propiedad baldía	Humedal en propiedad baldía.	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Conservación
Según su intervención	Humedales naturales	Humedal natural	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Dependerá de los servicios ecosistémicos que oferte y los objetivos de conservación propuestos.
	Humedales artificiales	Humedal artificial	Humedales: reconocidos o no reconocidos	El último inciso de la parte introductoria de la guía para la formulación de los planes de manejo para humedales excluye a los humedales artificiales de la elaboración de planes de manejo.
Según los servicios ecosistémicos que ofrece	Humedales de aprovisionamiento	Humedal	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Uso sostenible
	Humedales de regulación	Humedal	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Conservación y actividades afines

Categorización de humedales				
Clasificación	Tipo	Característica	Categoría	Uso sugerido
Según los servicios ecosistémicos que ofrece	Humedales para servicios culturales	Humedal	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Uso sostenible
	Humedales de apoyo	Humedal	Humedales: reconocidos o no reconocidos	Uso sostenible

Referencias

Congreso de Colombia, 1997. Ley 357 de 1997. Por la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971).

Constitución Política de Colombia Art. 63 de 1991 (Colombia). (Biblioteca Enrique Low Murtra – Belm).

Constitución Política de Colombia Artículo 677 del Código Civil: Propiedad sobre las aguas. (Biblioteca Enrique Low Murtra – Belm).

Constitucional, C., & de Revisión, S. C. Sentencia T-566/92. MP: Alejandro Martínez Caballero.

Constitucional, C., & Plena, S. (2006). Sentencia C-189/06. Consultado en: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2006/C-189-06.htm>

Folch, R. (2003). Los conceptos socioecológicos de partida. In El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación (pp. 19-42). Diputació de Barcelona.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). Humedales RAMSAR. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/humedales-RAMSAR/>

RAMSAR BUREAU (2015): The Ramsar list of wetlands of international importance. (Disponible en: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist_0.pdf)

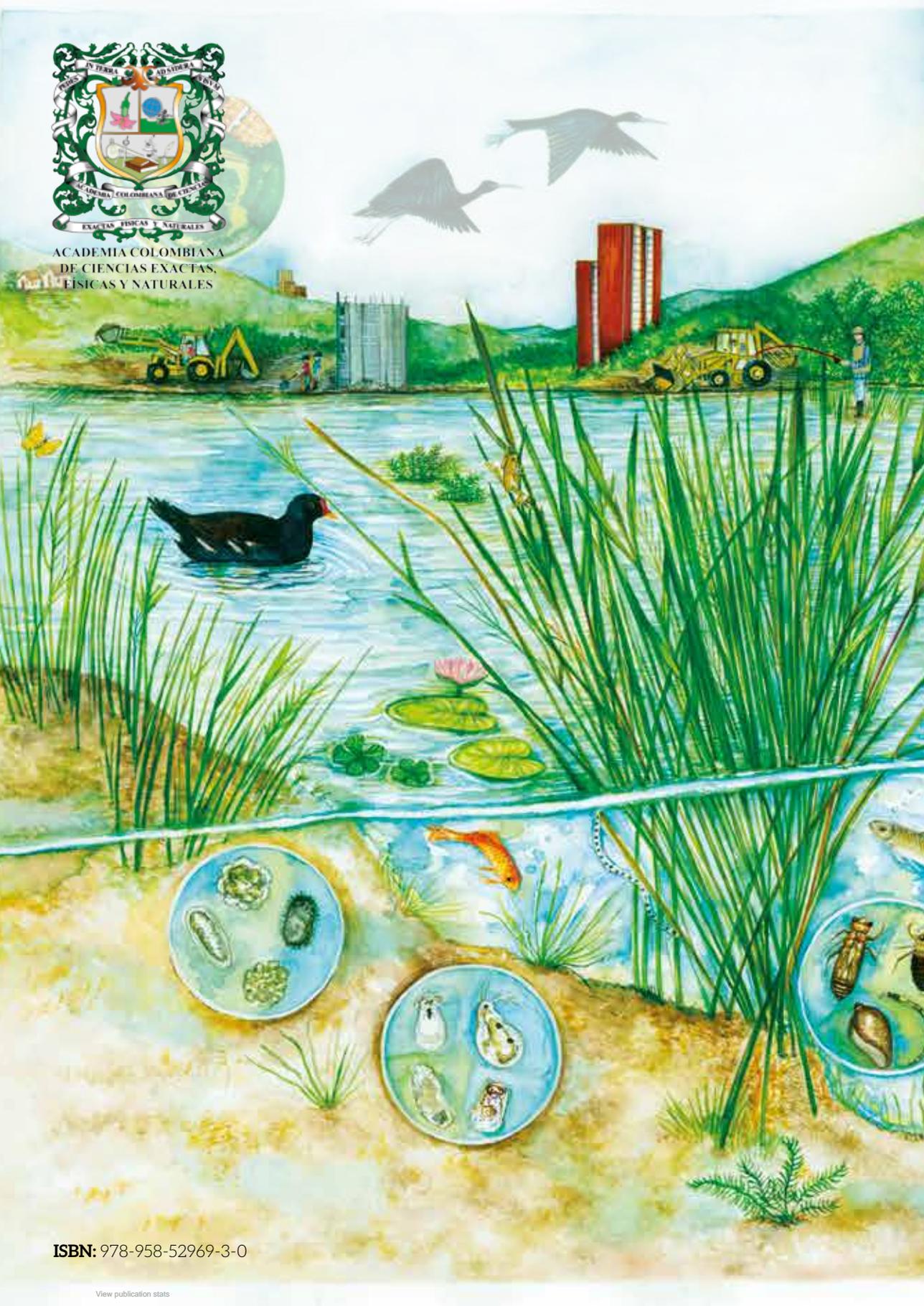
Sentencia C-598-99 del 18 de agosto de 1998. Bogotá.

Sentencia, C-750-15 Corte Constitucional de Colombia.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres gráficos de Divegráficas S.A.S.
en el mes de junio de 2022.



ACADEMIA COLOMBIANA
DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES



ISBN: 978-958-52969-3-0