

VI CONGRESO SOBRE MANEJO DE ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

Comité Organizador

Presidente:

Dr. Armando Luis Payo Hill payo@ecologia.cu

Secretaria Ejecutiva:

M Sc. Ana Martell García. ana.martell@ecologia.cu

Secretario Científico:

M Sc. Hermen Ferrás Álvarez hermen@ecologia.cu

Comité Científico

M.Sc. Dely Rodríguez Valdés

M.Sc. Nayla Rodríguez García

M.Sc. Ana América Socarrás Rivero

M.Sc Isora Baró Oviedo

Dr. René Pablo Capote López

M.Sc Eduardo Furrázola Gómez

Indicaciones generales

El VI Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad tiene como objetivo contribuir al conocimiento, manejo y conservación de la biodiversidad propiciando el intercambio de conocimientos y experiencias, la integración de grupos de trabajo y la creación de vínculos entre instituciones de investigación, académicas, gubernamentales y no gubernamentales, para promover soluciones, iniciativas y acciones sobre bases científicas que contribuyan a un desarrollo sostenible para beneficio con la participación de todos los habitantes de nuestro planeta.

El VI Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad iniciará sus actividades científicas a partir del martes 4 de julio en el horario de 10:00 a 17:00 horas.

Los trabajos se han enumerado consecutivamente en el programa, antecedido por la clave (EB) que identifica al Congreso. Esta misma codificación se utilizará en las memorias electrónicas para buscar las publicaciones.

Las sesiones de trabajo se organizarán en paneles y tendrán un Moderador. Las ponencias orales contarán con un tiempo de 10 minutos de exposición y al final de las presentaciones se realizará el debate del tema.

Para garantizar una eficaz organización se recomienda a los ponentes estar al inicio de la sesión de la mañana o la tarde en que les corresponde presentar su trabajo lo cual facilitará al Moderador la verificación de los trabajos que por diversas causas no estuvieran presentes.

También deberán entregar con anterioridad a su exposición, la presentación en la sala de diapositivas del Palacio de Convenciones para que sean colocadas en las salas de exposición del Congreso.

Se ha previsto para el jueves 6 en la sesión de la mañana, la exposición de los trabajos en "carteles" en los espacios habilitados para ello en el **Área expositiva de carteles** (Pasillo al lado de sala 8). Entre las 11:30 y 13:00 todos los autores de carteles estarán en el lugar establecido con el objetivo de discutir y responder a las preguntas de los interesados.

**DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DEL HUMEDAL EL RESBALÓN
(CUNDINAMARCA, COLOMBIA), COMO APOYO A ESTRATEGIAS PARA SU
CONSERVACIÓN Y MANEJO**

Ángela M. Jaramillo-Londoño¹, Katherine Carrillo², Ana M. Cerón³, Ellen D. Chavez⁴,
Ronald J. Sierra-Parada⁵, Liliana Salazar-López⁶

¹ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
angelajaramillo@usantotomas.edu.co

² Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
kate081113@gmail.com

³ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
anaceron@usantotomas.edu.co

⁴ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
ellenchavez@usantotomas.edu.co

⁵ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
ilianasalazar@usantotomas.edu.co

⁶ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia
ronalsierra@usantotomas.edu.co

La mayoría de los municipios colombianos cuentan con humedales que prestan servicios ecosistémicos, pero que no han sido estudiados ni conservados; así se requiere aunar esfuerzos científicos y sociales mediante el desarrollo de estudios que respalden la formulación de lineamientos para la conservación, el uso racional, la recuperación de estos ecosistemas. El Humedal El Resbalón, uno de los ecosistemas estratégicos del municipio de Cota (Cundinamarca-Colombia), actualmente está sometido a diversos factores ambientales que desestabilizan sus procesos ecológicos esenciales y la prestación de sus servicios ambientales. En el presente estudio se hizo un diagnóstico de algunos aspectos limnológicos del humedal y su variación espacio temporal. Se realizaron 3 monitoreos (estiaje, transición y lluvia) y se registraron variables fisicoquímicas, se calculó la productividad primaria del fitoplancton y se analizó la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Se encontraron variaciones espacio temporales, identificando altas correlaciones entre nutrientes y presencia de familias de macroinvertebrados. El estudio indica que se presentan relaciones en cuanto a variables bióticas y abióticas que contribuyen a la determinación del estado de la calidad del agua, concluyendo que a partir del análisis de los índices calculados el humedal se encuentra en un estado intermedio de contaminación, lo cual indica que su uso potencial está dirigido a la preservación de flora y fauna. A partir de ello, se considera que el humedal debe ser tenido en cuenta en programas de conservación y recuperación de humedales que se han implementado en otros cuerpos de agua por parte de las autoridades ambientales.

Palabras clave: humedales, calidad del agua, macroinvertebrados acuáticos, variables ambientales

DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DEL HUMEDAL EL RESBALÓN (CUNDINAMARCA, COLOMBIA), COMO APOYO A ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN Y MANEJO

Ángela M. Jaramillo-Londoño¹, Katherine Carrillo², Ana M. Cerón³, Ellen D. Chavez⁴,
Ronald J. Sierra-Parada⁵, Liliana Salazar-López⁶

¹ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
angelajaramillo@usantotomas.edu.co

² Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
kate081113@gmail.com

³ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
anaceron@usantotomas.edu.co

⁴ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
ellenchavez@usantotomas.edu.co

⁵ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
ilianasalazar@usantotomas.edu.co

⁶ Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia.
ronalsierra@usantotomas.edu.co

RESUMEN:

La mayoría de los municipios colombianos cuentan con humedales que prestan servicios ecosistémicos, pero que no han sido estudiados ni conservados; así se requiere aunar esfuerzos científicos y sociales mediante el desarrollo de estudios que respalden la formulación de lineamientos para la conservación, el uso racional, la recuperación de estos ecosistemas. El Humedal El Resbalón, uno de los ecosistemas estratégicos del municipio de Cota (Cundinamarca-Colombia), actualmente está sometido a diversos factores ambientales que desestabilizan sus procesos ecológicos esenciales y la prestación de sus servicios ambientales. En el presente estudio se hizo un diagnóstico de algunos aspectos limnológicos del humedal y su variación espacio temporal. Se realizaron 3 monitoreos (estiaje, transición y lluvia) y se registraron variables fisicoquímicas, se calculó la productividad primaria del fitoplancton y se analizó la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Se encontraron variaciones espacio temporales, identificando altas correlaciones entre nutrientes y presencia de familias de macroinvertebrados. El estudio indica que se presentan relaciones en cuanto a variables bióticas y abióticas que contribuyen a la determinación del estado de la calidad del agua, concluyendo que a partir del análisis de los índices calculados el humedal se encuentra en un estado intermedio de contaminación, lo cual indica que su uso potencial está dirigido a la preservación de flora y fauna. A partir de ello, se considera que el humedal debe ser tenido en cuenta en programas de conservación y recuperación de humedales que se han implementado en otros cuerpos de agua por parte de las autoridades ambientales.

Palabras clave: humedales, calidad del agua, macroinvertebrados acuáticos, variables ambientales

DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DEL HUMEDAL EL RESBALÓN (CUNDINAMARCA, COLOMBIA), COMO APOYO A ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN Y MANEJO

Angela M. Jaramillo-Londoño¹, Katherine Carrillo¹, Ana M. Cerón¹, Ellen D. Chavez¹, Ronal J. Sierra-Parada¹, Liliana Salazar-López

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas de importancia socio-ambiental, regidos internacionalmente por la Convención Ramsar, en Colombia son protegidos por la Política Nacional para Humedales interiores de Colombia, que en conjunto con las guías técnicas, proponen directrices para su manejo y conservación.

La mayoría de los municipios colombianos cuentan con humedales que prestan servicios ecosistémicos, pero que no han sido estudiados ni conservados; así se requiere aunar esfuerzos científicos y sociales mediante el desarrollo de un estudio modelo que formule lineamientos para la conservación el uso racional y la recuperación de estos ecosistemas y se destaque la importancia de los humedales municipales (Nivel local, Ramsar) como herramienta para la mitigación del cambio climático.

El ecosistema objeto de este estudio es el Humedal El Resbalón, (ámbito local de Ramsar) que hace parte de los Humedales del Altiplano Cundiboyacense, está localizado en jurisdicción del Municipio de Cota (Cundinamarca, Colombia), en la vereda Parcelas; perteneciente a la zona aluvial y a la estructura del río Chicú que presenta zonas inundables en gran parte del año, su topografía plana con pendientes del 2%; con una superficie inundable aproximada de 18,72 Ha, hace parte de la estructura ecológica principal del municipio.

El Humedal El Resbalón es considerado hidrodinámicamente como un ecosistema lentico, dentro de la clasificación CAR (Corporación Autónoma Regional), definido como Humedal del Altiplano Cundiboyacense, y según la clasificación los criterios de la Convención Ramsar (adoptada por la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia) se considera **humedal local** de: 1) Ámbito Interno, 2) Sistema palustre, 3) Subsistema permanente, 4) Clase emergente, 5) Subclase pantanos y ciénagas dulces permanentes. Este ecosistema, debe cumplir con funciones ecológicas como ser hábitat para fauna autóctona y migratoria, en la regulación de regímenes hidrológicos, en la autodepuración del agua y la amortiguación de crecientes de los ríos Bogotá y Chicú, y la regulación de los procesos ecológicos esenciales entre otros servicios ambientales.

Actualmente, el humedal se encuentra sometido a una serie de tensores ambientales derivados de la intervención directa, como la llegada de vertimientos domésticos (viviendas y colegios aledaños), agrícola y ganadero, que generan un aumento de nutrientes, contribuyendo con la eutrofización del ecosistema lo cual genera disminución del espejo de agua gracias a la colonización de macrófitas así como una alta tasa de sedimentación, alterando la prestación de servicios ecosistémicos limnológicos. Igualmente presenta la compactación de áreas de ronda hidráulica y zona de amortiguación y manejo ambiental, para expansión de áreas de construcciones, por lo que es necesaria realizar una rehabilitación de la estructura

hidráulica natural para mitigar y regular las crecientes o inundaciones del río Chicú, definiendo en primera instancia las funciones limnológicas del mismo. (Consorcio Hídricos, 2014).

Este ecosistema tiene gran importancia en la prestación de bienes y servicios ambientales por su belleza, la oferta y riqueza en recursos naturales, la biodiversidad y el papel que guarda en la regulación de crecientes y mantenimiento del balance del régimen hidrológico de los ríos Chicú y Bogotá, razón por la cual es de gran importancia estudiarlo y proponer lineamientos de manejo y conservación sostenible del mismo, utilizando criterios de la Política Nacional para humedales interiores de Colombia - Estrategias para su conservación y uso racional, de diciembre de 2001, “orientada al análisis propuesto para la Perturbación Severa (Orden de Magnitud 2): *Se refiere a las perturbaciones que se producen por cambios en los atributos físicos, químicos o biológicos de los sitios de humedales particulares, pero en magnitud, duración y frecuencia tal que el sistema sigue funcionando como un humedal, pero cambian algunas de sus funciones ambientales o valores sociales*”.

Para poder llevar a cabo la caracterización del cuerpo de agua se requiere el uso de elementos efectivos, es por esto que se han elegido comunidades biológicas como bioindicadores, las cuales a través de una variedad de índices y por el hecho de formar parte permanente del ecosistema tienen la capacidad de describirlo. Estos elementos biológicos en la medida en que se conozca su abundancia y composición permiten establecer la estructura y dinámica del ecosistema evidenciando el comportamiento del mismo. De igual manera, los parámetros físico-químicos ayudan al entendimiento del comportamiento del humedal ya que están íntimamente relacionados. La productividad del ecosistema está ligada a la calidad de las aguas y al grado de eutrofización lo que dará luces sobre el nivel trófico y de forma conjunta servirá de base para conocer el estado del humedal y sentarán las bases científicas que permitirán la toma de decisiones por parte de la organización gubernamental de forma tal que se pueda gestionar de modo sostenible el recurso.

Este estudio se realizó a partir del diagnóstico de algunos aspectos limnológicos del humedal el Resbalón y su variación espacio temporal, buscando que los resultados obtenidos sean una herramienta para la toma de decisiones para la gestión, conservación y uso sostenible de los humedales municipales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

El humedal El Resbalón está ubicado en la vereda Parcelas del municipio de Cota (departamento de Cundinamarca, Colombia), a una altitud promedio de 2566 msnm entre las coordenadas 4°4'28"-4°46'24"N y 74°8'11"-74°8'12"W. Este humedal hace parte de la subcuenca del río Chicú, el área de su espejo de agua es de 2500 m² y su perímetro es de 247 m (Figura 1).

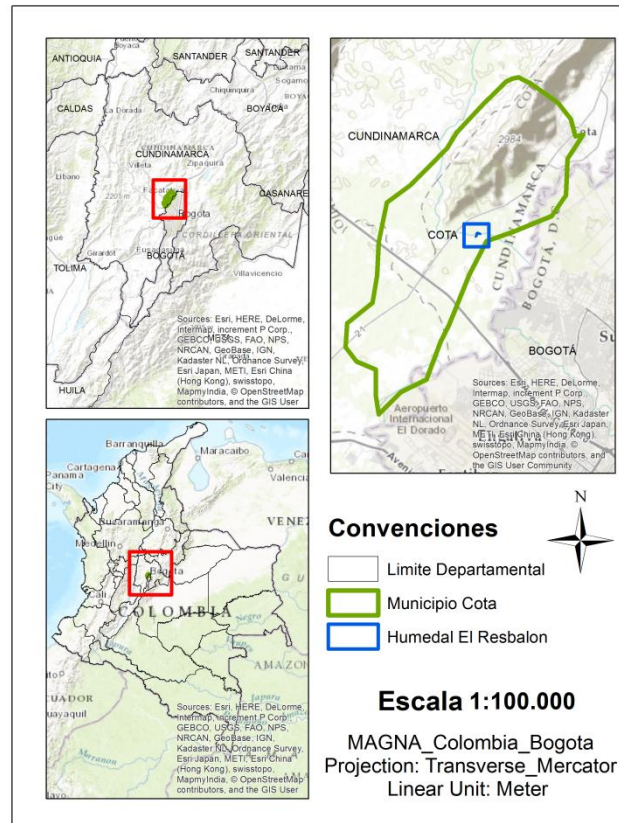


Figura 1. Área de estudio
Fuente: Autores

El clima es de sabana fría debido a su altitud, generalmente está entre los 5 y los 14°C, con una temperatura promedio de 13,5°C. Cuenta con dos temporadas lluviosas que se presentan entre abril y mayo y entre septiembre y diciembre, alcanzando los 110 mm/mes (Alcaldía de Cota, 2016).

Para el estudio se eligieron cinco estaciones de muestreo con el propósito de cubrir las zonas características tanto físicas como bióticas (relacionadas con la vegetación), como se observa en la Tabla 1:

Tabla 1: Estaciones de muestreo

No. Estación	Coordenadas	Características
1	4°46'27.47"N-74°8'10.34"W	Presencia de dos fuentes de vertimientos de aguas residuales domésticas
2	4°46'26.50"N-74° 8'10.75"W	Zonas con vegetación y espejo de agua
3	4°46'27.87"N-74°8'10.88"W	Presencia de residuos sólidos
4	4°46'26.10"N-74°8'12.34"W	Zonas con vegetación y espejo de agua
5	4°46'24.49"N-74° 8'11.96"W	Zonas con vegetación y espejo de agua

Fuente: Autores

Se realizaron tres muestreos teniendo en cuenta el periodo de estiaje en julio de 2016, septiembre como temporada de transición y octubre como época de lluvias.

En cada estación y época de estudio se determinaron y analizaron los principales parámetros de calidad del agua relacionados con la conservación de flora y fauna *in situ*: pH, temperatura (°C), conductividad (mS/cm), con una sonda multiparamétrica HANNA HI 9829. Estas mediciones se realizaron a 50cm de profundidad. A su vez, en cada estación de muestreo se tomaron muestras de agua de 1000ml por duplicado, las cuales se transportaron al laboratorio, en condiciones de refrigeración, para su posterior análisis. Dichas muestras, se analizaron mediante las técnicas APHA (2005) para la determinación de nitrógeno total (NTmgL-1), nitritos (NO₂mgL-1), nitratos (NO₃mgL-1) nitrógeno amoniacal (NH₃mgL-1), fosfatos (PO₄mgL-1) y fósforo total (PTmgL-1), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅mgL-1) y Demanda Química de Oxígeno (DQOmgL-1). Así mismo, se realizó la recolección y análisis de muestras para la determinación de la productividad primaria y el estatus trófico. Finalmente, se recolectaron macroinvertebrados acuáticos con una red tipo D-net, con abertura de malla de 500µm. Las muestras fueron fijadas en etanol al 70% para su preservación y posterior transporte al laboratorio, donde se llevó a cabo la separación e identificación de los macroinvertebrados bentónicos y se realizó la determinación taxonómica hasta el nivel de familia a partir de claves especializadas (Silva, Vásquez Navas, & Martínez, 2003; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012; Roldán Pérez, 2003) utilizando un microscopio estereoscópico KONUS Biorex-2.

Con los resultados de los parámetros fisicoquímicos se realizó el cálculo del índice de calidad del agua de British Columbia (BCWQI), teniendo en cuenta parámetros como nitrógeno total (NTmgL-1), nitritos (NO₂mgL-1), nitratos (NO₃mgL-1) nitrógeno amoniacal (NH₃mgL-1), fósforo total (PTmgL-1), pH (un), DBO (mg/l), OD (mg/l), temperatura (°C) y conductividad, basados en los valores máximos permitidos dirigidos a la conservación de flora y fauna que establece la normatividad colombiana (Decreto 1076, 2015, art 2.2.3.3.2.3) y algunas normas internacionales.

La determinación de la productividad primaria y el estatus trófico del humedal se estimó a partir del análisis de la variación del oxígeno disuelto en el humedal, y de la concentración de clorofila a, a partir del indicador de estatus nutricional y del índice de estado trófico:

- Indicador de estatus nutricional: Esta clasificación es válida para cuerpos de agua autotróficos (Tabla 2), aquellos donde la materia orgánica producida proviene mayormente de la actividad fotosintética y no de materia orgánica importada.

Tabla2. Estatus nutricional y productividad primaria de cuerpos de agua autotróficos

Estatus Nutricional	Productividad (O ₂ mg m ⁻³)
Oligotrófico	7 – 25
Mesotróficos	25 -75
Eutrófico	75-250
Contaminado	250-700

Fuente: Manual de ecología microbiana (Fuentes & Massol-Deyá, 1996).

- Índice del Estado Trófico: este índice varía entre 0 y 100 (Tabla 3), de Oligotrófico a Hipertrófico y se obtiene a partir de parámetros medidos en campo (Clorofila *a*). A partir de la siguiente ecuación se establecieron las concentraciones y a su vez, se calculó el estado trófico del humedal (Moreno Franco, Quintero Manzano, & López Cuevas, 2010).

Ecuación 1. Cálculo de índice del estado trófico

$$TSI_{Chla} = 10 * \left(\frac{\ln Chla}{\ln 2.5} \right)$$

Dónde:

TSI: Índice del Estado Trófico

Chla: Clorofila *a*

Ln: Logaritmo natural

Tabla3. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua

Estado Trófico	TSI	<i>Chl-a</i> (mg m ⁻³)
Oligotrófico (TSI <30)	0	0.40
	10	0.12
	20	0.34
	30	0.94
Mesotrófico (30 < TSI < 60)	40	2.6
	50	6.4
	60	20
Eutrófico (60 < TSI < 90)	70	56
	80	156
	90	427
Hipertrófico (90 < TSI <100)	100	1183

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980) (Fuentes & Massol-Deyá, 1996).

Con los macroinvertebrados acuáticos se calcularon los índices biológicos IBMWP/Col. (Iberian Biomonitoring Working Party adaptado a Colombia), ASPT (Average Score per Taxon) y ETP (Ephemeroptera - Trichoptera - Plecoptera).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos medidos en el humedal en las cinco estaciones de muestreo y en las tres épocas del año se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos medidos en el humedal El Resbalón.

Muestreo	Estación de Muestreo	Oxígeno Disuelto mg O ₂ /L	DBO mg O ₂ /L	DQO mg O ₂ /L	Nitrógeno Amoniacal mg NH ₃ -N/L	Nitrógeno total mg/L N	Nitritos mg NO ₂ -N/L	Nitratos mg NO ₃ -N/L	Fosfatos mg/L PO ₄ -P	Fosforo total mg P/L
M1	1	6,1	<20	<50	3	9,4	0,004	4,7	0,824	< 0,2
	2	5,8	<20	71	1	3,93	0,24	0,6	0,747	< 0,2
	3	6	<20	53	3	3,83	0,041	0,3	0,763	<0,2
	4	6	<20	65	1	5,04	0,008	0,6	0,717	0,26
	5	5,6	<20	74	1	7,07	0,147	1	0,698	0,29
M2	1	6	<50	<20	5	8,34	0,103	<0,3	<0,2	0,58
	2	6	98	<20	2	<4	0,018	0,3	<0,2	0,23
	3	4,8	100	29	4	7,08	0,005	<0,3	<0,2	<0,2
	4	2,5	187	83	1	<4	0,005	0,3	0,22	0,25
	5	1,8	173	77	2	<4	0,008	<0,3	<0,2	<0,2
M3	1	5	<20	66	7	11,69	0,01	< 0,3	0,38	0,44
	2	5	80	<20	1	< 4	0,009	< 0,3	0,26	0,31
	3	5,3	87	<20	7	13,49	0,007	< 0,3	< 0,2	< 0,2
	4	3,5	71	<20	1	< 4	0,006	< 0,3	0,21	0,23
	5	3	100	<20	1	<4	0,008	< 0,3	0,22	0,26

Fuente: autores

En general las condiciones de oxígeno disuelto, DBO y DQO empeoran en las estaciones 4 y 5 y esto es más evidente en épocas de transición y lluviosa. La naturaleza de esta contaminación en época seca tiene mayor predominancia a la contaminación orgánica no biodegradable y en las demás épocas y estaciones es de origen orgánico biodegradable.

Con respecto a los compuestos nitrogenados, se evidencia contaminación reciente por materia orgánica, representada en valores elevados de nitrógeno amoniacal, especialmente en las estaciones 1 y 3. En cuanto al fósforo, la estación 1 presentó las mayores concentraciones, seguida de las estaciones 2 y 4. Lo cual responde a los tensores propios de cada estación como es el caso de los vertimientos de aguas residuales en las estaciones 1 y 3.

La calidad fisicoquímica del agua se determinó con el índice de calidad del agua de British Columbia (BCWQI), encontrando que el agua del humedal presenta un nivel de calidad aceptable (Tabla 5).

Tabla5. Índice BCWQI, por estación de muestreo

	Índice BC	Rango
1	45.863	Aceptable
2	45.591	Aceptable

3	45.576	Aceptable
4	45.770	Aceptable
5	45.813	Aceptable
M1	34.841	Aceptable
M2	31.428	Aceptable
M3	21.875	Aceptable

Fuente: autores

Al evaluar el comportamiento de la calidad del agua por muestreo, se evidencia que la menor calidad se da en el muestreo 1, que representa la época de verano y en la que las condiciones climáticas son más abruptas en cuanto al aumento de temperaturas. Así mismo, los mejores niveles de calidad se presentaron en el muestreo 3, debido a que fue una época caracterizada por altas precipitaciones. La estación que a través de los tres muestreos presentó la menor calidad es la estación 1, lo que indica que su contaminación es mayor teniendo concordancia con las condiciones que allí se presentan tal como vertimiento de aguas residuales domésticas.

En época de verano las concentraciones de OD, NH_4 , NO_3 y fosfatos, son más altos lo que favorece la proliferación de algas, que da lugar a la eutrofización, aspecto que ocasiona cambios en la presencia de OD (Pütz, 2010).

En cuanto a la productividad primaria, esta se analizó mediante el indicador de estatus nutricional para los cuerpos de agua autótrofos, descrito por la metodología, dando como resultado un estado mesotrófico (Figura 2a), debido a una elevada producción de biomasa producida por parte de los organismos foto y quimiosintéticos, que constantemente están metabolizando y que entre otras acciones desoxigenan el agua, generando malos olores.

Con respecto a la determinación del estado trófico del humedal por medio del método de la Clorofila-a (TSI), el cuerpo de agua presenta también un estado mesotrófico (Figura 2b) ya que el TSI se encuentra en un rango entre 30 y 60, relacionado directamente con la actividad fotosintética realizada por las macrófitas, es decir con la producción de biomasa y oxígeno proporcionada al humedal. Se encontró la relación entre los datos obtenidos con el método de la productividad primaria y el método de la Clorofila a, ya que por los dos métodos se determinó que el humedal presenta un estado mesotrófico, es decir presenta niveles medios de nutrientes, las aguas son claras, y por lo tanto la luz solar penetra fácilmente el cuerpo de agua, se genera un alto nivel de oxigenación y se presenta el crecimiento de las algas.

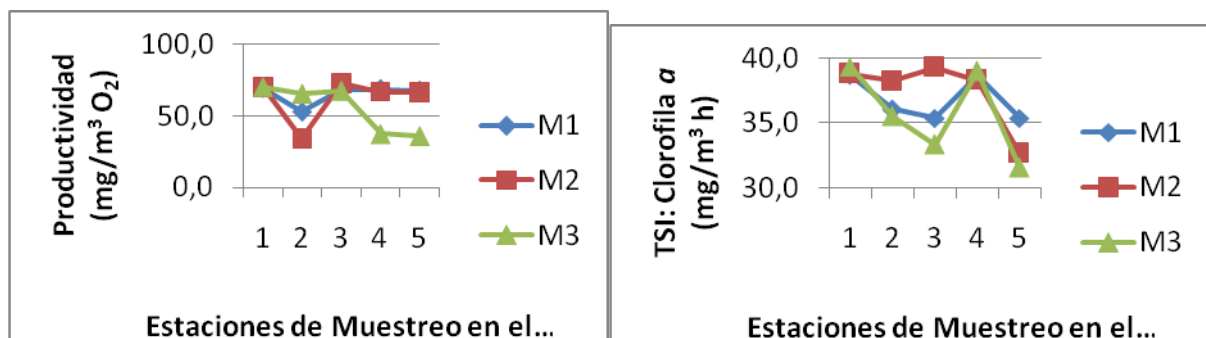


Figura 2. Determinación de Productividad Primaria y del Índice de Estado Trófico (TSI)

Fuente:Autores

A nivel general, teniendo en cuenta los valores de pH en la totalidad del humedal, es posible inferir que la relación entre el pH y el índice de productividad primaria se da según la fijación del CO₂, mediante la actividad fotosintética, pues el pH aumenta a una razón similar a la razón de fijación de CO₂ por los productores primarios (Fuentes & Massol-Deyá, 2002).

A partir de la identificación de los taxones de macroinvertebrados acuáticos, se determinó la composición y abundancia de las familias. Se recolectaron 31 familias (Figura 3) pertenecientes a 19 órdenes, 7 clases y 4 phylum, para un total de 1281 individuos.

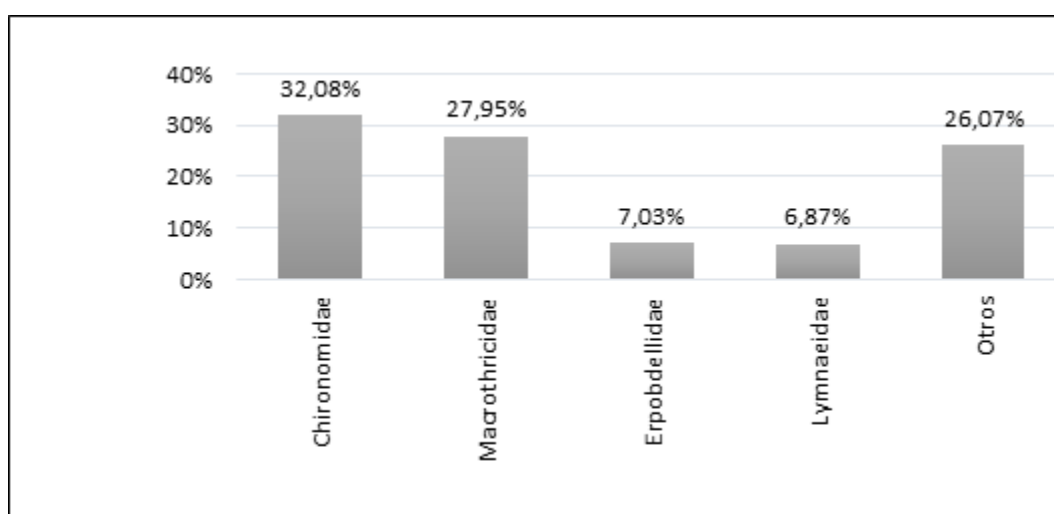


Figura 3. Abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticos

Fuente: Autores

El orden con mayor abundancia en la mayoría de los muestreos fue el orden Díptera, con un 32% de presencia sobre el total de los órdenes, representado por las familias Chironomidae y Syrphidae; ésta primera con una abundancia correspondiente al 32% del total de la población muestreada, equivalente a 411 individuos, seguido por la familia Macrothricidae, que a pesar de no encontrarse presente en todas las estaciones muestreadas, aporta de manera significativa a la cantidad de individuos recolectados, siendo una de las familias con mayor abundancia en el humedal (358 individuos).

El análisis espacio-temporal de diversidad de macroinvertebrados se realizó mediante el cálculo de los índices de Shannon y Simpson, con ayuda del software Past. Se encontró una baja diversidad de familias presentes en el humedal, teniendo en cuenta que para el índice de Simpson, los valores que se encuentren dentro del rango de 0-0.5 caracterizan “Muy baja diversidad o muy alta dominancia” y los que se encuentran en el rango $> 0.5 - 0.7$ indican “baja diversidad o alta dominancia” (Moreno, 2001). Del mismo modo, el índice de Shannon caracteriza como “muy baja diversidad” a los ecosistemas cuyo valor sea ≤ 1 y “baja diversidad” a los que se encuentran en el rango de $> 1 - 1.8$ (Moreno, 2001) (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados índices Shannon y Simpson

	Simpson	Shannon
1	0.56	1.20
2	0.70	1.55
3	0.23	0.49
4	0.57	1.25
5	0.64	1.31
M1	0.53	1.20
M2	0.62	1.33
M3	0.47	0.96

Fuente: Autores

Se calcularon los índices de calidad BMWP/Col, ETP y ASPT para las cinco estaciones (Tabla 7).

Tabla 7. Valores índices BMWP/Col, ETP y ASPT

	M1			M2			M3		
	BMWP/Col	ETP	ASPT	BMWP/Col	ETP	ASPT	BMWP/Col	ETP	ASPT
1	34	0%	4.3	30	0.81%	3.8	11	0%	2.8
2	38	1.52%	4.8	39	0%	4.3	39	47.62%	4.3
3	20	0.00%	3.3	8	0%	2.7	10	0%	5
4	33	0.00%	3.7	22	0%	3.7	29	0%	4.1
5	13	3.70%	3.3	26	2.17%	3.7	30	3.03%	5
Índice muestreo	27,6	1.04%	3.88	25	0.60%	3.64	23.8	10.13%	4.24

Agua contaminada	Agua muy contaminada	Agua fuertemente contaminada
------------------	----------------------	------------------------------

Fuente: Autores

El índice BMWP arrojó un puntaje de mala calidad del agua en todos los muestreos. El índice ratifica las condiciones en las que se encuentran los micro hábitats presentes en el humedal, determinando que la calidad del agua es crítica, dado que ninguna de las estaciones de muestreo indica calidad aceptable, por el contrario, durante el periodo de muestreo en algunas de las estaciones empeoró la calidad del agua.

A nivel general el índice ETP ostenta mala calidad del agua en el humedal, teniendo en cuenta que en la mayoría de los muestreos no se encontraron individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera. A pesar de que en algunas estaciones de muestreo se obtuvo mayor cantidad de taxones pertenecientes a los órdenes anteriormente mencionados, no fueron los suficientes para que el valor del índice clasificara el agua dentro de un mejor rango. Teniendo en cuenta que los órdenes que trabaja el índice son indicadores de buena calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación, los bajos niveles que se obtuvo durante su cálculo se deben, evidentemente, a la ausencia de los mismos.

El índice ASPT fue más flexible al clasificar la calidad del agua del humedal, dado que, a nivel general, según este índice, el agua se encuentra moderadamente contaminada, a diferencia del índice BMWP, a pesar de depender de sus valores.

CONCLUSIONES

Las características y comportamiento de las estaciones de muestreo en el humedal el Resbalón, así como a la distribución de abundancia de familias de macroinvertebrados, responde a una variabilidad estacional y a los factores a los cuales está sometido.

En verano aumenta el número de macroinvertebrados, asociados a la mayor oferta alimenticia, la cual proviene de la descomposición de la materia orgánica derivada de la mayor productividad y presencia de nutrientes. Las principales familias son Chironomidae, Erpobdellidae, Syrphidae, Mesovellidae y Dendrocoelidae, ya que entre sus principales características, se encuentra que son de alimentación detritívora.

Cabe resaltar que en la estación 1 para esta misma época, se evidencian los niveles más altos de nutrientes a causa del punto de descarga de aguas residuales que allí se encuentra, aspecto que está relacionado con la presencia de las familias Notonectidae, Coenagrionidae, Lestidae, Aeshnidae, Rhyacophilidae, entre otras, las cuales, dados los aspectos ecológicos que las definen, son muy tolerantes a las variaciones en los factores que se dan en el medio.

En la época de transición se presentan los niveles más altos de DBO, indicador de materia orgánica biodegradable, relacionado con la recepción de aguas residuales domésticas. Lo anterior, vincula la presencia de ciertas familias bajo estos parámetros, entre ellas, Haplotaxidae, Helophoridae, Prosopistomadae, Ephemeridae, Lymnaeidae. Estas son familias detritívoras.

La presencia de las familias Ancyliidae e Hydroptilidae se da debido a que su hábitat está generalmente asociado a la vegetación sumergida y en presencia de muy altos niveles de materia orgánica.

A partir de los índices de diversidad, se encontró que tanto las estaciones como las épocas de muestreo coinciden en la clasificación de “baja diversidad o alta dominancia”, lo cual se evidencia en el análisis de composición estructural, teniendo en cuenta que hay familias que están presentes en todas las estaciones y en todos los muestreos y que, además, cuentan con un número mucho mayor de individuos con respecto a otras. Se dice que valores inferiores a 2.5 obtenidos en éstos índices son indicadores de algún tipo de contaminación.

La familia Chironomidae se destaca por ser la más abundante en el cuerpo de agua, es decir, representa la dominancia del humedal, además de presentar una característica particular que hace referencia a un nivel mesotrófico del mismo, encontrando relación directa con los análisis de productividad primaria y clorofila *a*.

Finalmente, a partir del análisis y comparación de los valores obtenidos en los índices biológicos aplicados a macroinvertebrados, se determina que los índices BMWP/Col. y ETP coinciden en establecer la calidad del agua como crítica dadas

las condiciones bajo las que estos índices se evalúan. Lo anterior, de forma conjunta con el índice de calidad del agua (BCWQI) indican un nivel igualmente aceptable enfocado hacia la preservación de flora y fauna, que se refieren a que puede presentar deterioro y sus condiciones difieren en gran medida de las naturales o de los niveles deseables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos*. Almería, España: ISBN 84-7840-262-4.
- Alcaldía de Cota. (22 de Enero de 2016). *Alcaldía de Cota - Cundinamarca*. Obtenido de <http://cota-cundinamarca.gov.co>
- Alcaldía de Cota, Cundinamarca. (2015). *Área de la gestión Ambiental*. Cundinamarca, Colombia: Departamento de Planeación Nacional. Obtenido de http://cota-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/37623132643462626236396230393037/14_ambiente.pdf
- Álvarez, M., Córdoba, S., & Escobar, F. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Amortegui Celis, C. A., & Lozano Beltrán, D. (2015). *Estrategias ambientales para el mejoramiento de la calidad del agua proveniente de la Planta de tratamiento de aguas Echavarría del municipio de Madrid Cundinamarca*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Astor, Y. M., Lorenzoni, L., & Scranton, M. (2011). *Manual de métodos para el análisis de parámetros oceanográficos en la estación*. Venezuela: Edimar.
- Astrálega, M. 2006. «La Convención Ramsar y los ecosistemas del manglar,» Suiza
- Brower, J. E., & Zar, J. H. (1997). *Field and laboratory methods for general ecology*. Illinois, Estados Unidos: Brown Company Publishers.
- Camacho Valdez V, Ruiz Luna A, 2011, *Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos*. Bio Ciencias 1(4): 3-15.
- CAR, 2011 Humedales del Territorio - Consolidación del Sistema de Humedales de la jurisdicción CAR
- Consejo Nacional Ambiental. (2002). *Política Nacional para Humedales interiores de Colombia - Estrategias para su conservación y uso sostenible*. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente.
- Consortio Hídricos. (2014) Estudio y evaluación ambiental del Municipio de Cota. Alcaldía de Cota
- Crettaz-Minaglia, M. C., Juárez, R. A., & Aguer, I. (2014). *Aplicación de índices de calidad del agua en un arroyo pampeano utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores (Guaqueguaychú, Entre Ríos, Argentina)*. Entre Ríos, Argentina: Instituto de Limnología "Dr. R.A. Ringuelet".
- Estrada Carvajal, A. C. (2009). *Evaluación de la respuesta ecológica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a las plantas de tratamiento de humedales artificiales en el lago de Pátzcuaro, Mich.* Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Fernández Parada, N., & Solano Ortega, F. (Noviembre de 2005). Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. En N. Fernández Parada, & F. Solano Ortega, *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua* (págs. 105-108). Pamplona, Norte de Santander, Colombia: Universidad de Pamplona. Obtenido de

- http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Figueroa Pianda, S. (2014). *Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del Medio Magdalena, Hacienda San Juan del Carabe, Cimitarra-Santander*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Fuentes, F., & Massol-Deyá, A. (1996). Biomasa y actividad microbiana: Productividad primaria en hábitats acuáticos. En F. Fuentes, & A. Massol-Deyá, *Manual de Laboratorios - Ecología de microorganismos*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- García, M., Sánchez, F., & Marín, R. (2001). El agua. En m. y. Instituto de Hidrología, *El medio ambiente en Colombia* (págs. 159-167). Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales, IDEAM.
- Garrido González, J., Benetti, C., & Pérez Bilbao, A. (2012). *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente.
- González, I., Déjean, S., Martin, P., & Baccini, A. (2008). *CCA: An R Package to Extend Canonical Correlation Analysis*. Francia: Journal of Statistical Software.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2004). *Determinación de Oxígeno Disuelto por el Método Yodométrico Modificación de Azida*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt. (2016). *Colombia anfibia. Un país de humedales*. Bogotá D.C: Puntoaparte bookvertising.
- Latha, C., & Thanga, V. (2010). *Macroinvertebrate diversity of Veli and Kadinamkulam lakes*. South Kerala: Journal of Environmental Biology.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2002). *Política nacional para humedales interiores de Colombia*. Bogotá.
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2011) *Convención de Ramsar* [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/>. [Último acceso: 10 marzo 2017].
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Hong Kong: Blackwell Publishing.
- Moreno Franco, D. P., Quintero Manzano, J., & López Cuevas, A. (2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofía*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T - Manuales y Tesis SEA.
- Naranjo, J., & López, P. (2013). *Biological monitoring working party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en rios cubanos*. Santiago de Cuba: Ciencia en su PC.
- Pütz, P. (2010). *Analítica de laboratorio y sistema de control de proceso nutrientes - Eliminación y determinación de fosfato*. España: Hach Lange.
- Reinoso Flórez, G., Gutierrez, C., & López, E. O. (2008). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del Río Lagunillas - Fichas Macroinvertebrados Acuáticos*. Tolima, Colombia: Cortolima.
- Roldán Pérez, G. (Septiembre de 1999). *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Obtenido de http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf

- Rosenberg , D., & Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall.
- Sánchez, L. (2011). *El agua siempre busca su cauce*. Bogotá D.C.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). Asignación y manejo de los recursos hídricos: Lineamientos para la asignación y el manejo de los recursos hídricos a fin de mantenerlas funciones ecológicas de los humedales. En *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales* (págs. 4a edición, vol. 10). Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Sharma, R. C., & Rawat, J. S. (2009). *Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the central Himalayas, India*. Uttarakhand, India: Ecological Indicators.