



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE
NÁYADES DE ODONATOS EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA
DEL LAGO, BOGOTÁ, COLOMBIA**

MARÍA INÉS MORENO PALLARES
Código 01190363
Magister en Ciencias – Biología

GABRIEL HERNANDO GUILLOT MONROY
Director

RODOLFO OSPINA TORRES
Codirector

BOGOTÁ
2011

Distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades de odonatos en los humedales la vaca y santa maría del lago, Bogotá, Colombia.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

A todos los que me rodean porque de una u otra forma han contribuido en mi proceso académico y personal.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos a todos aquellos que contribuyeron en la elaboración y desarrollo de la investigación. Gracias a las siguientes personas:

Mi director Gabriel Guillot Monroy por permitirme desarrollar la investigación, sus enseñanzas, su tiempo y compañía en este proceso.

Rodolfo Ospina Torres por ser el primero en tenderme la mano en la admisión a la Universidad Nacional y por sus aportes en la elaboración del documento final.

A la empresa Acueducto de Bogotá y Alexandra Garzón por permitirme ingresar al proceso de evaluación de la rehabilitación de los humedales urbanos de Bogotá.

Gabriel Antonio Pinilla, María Argenis Bonilla y Luis Carlos Gutiérrez por sus aportes y sugerencias en la propuesta de investigación.

León Andrés Pérez por la identificación taxonómica de los ejemplares de odonatos capturados en el Humedal La Vaca y Santa María del Lago.

A la Universidad Nacional por su apoyo académico e institucional, al laboratorio de ecología y al de biología vegetal.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
INTRODUCCIÓN	10
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
HIPOTESIS	12
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
I. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE NÁYADES DE ODONATOS EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO, BOGOTÁ, COLOMBIA	13
Resumen	13
Introducción	13
Métodos	14
Área de estudio	14
Fase de campo	16
Fase de laboratorio	17
Análisis de datos	18
Resultados	19
Distribución de la riqueza y abundancia de las náyades	19
Distribución de náyades en las macrófitas	20
Variación temporal	22
Atributos de la comunidad	25
Discusión	26
Conclusiones	28
Bibliografía	29
II. INCIDENCIA DE LOS FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE NÁYADES DE ODONATOS EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO, BOGOTÁ, COLOMBIA	31
Resumen	31
Introducción	31
Métodos	32
Área de estudio	32
Fase de campo	33

Fase de laboratorio	36
Análisis de datos	37
Resultados	37
Distribución de náyades	37
Factores físicos, químicos y microbiológicos	39
Discusión	45
Conclusiones	46
Bibliografía	47
Anexos	49
GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS NÁYADES EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO; BOGOTÁ, COLOMBIA.	51

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I 1. Coordenadas de los puntos muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago	16
Tabla I 2. Valores totales de especies y abundancia de náyades en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.	19
Tabla I 3. Valores de índices de diversidad para cada punto de muestreo en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.	25
Tabla II 1. Coordenadas de los puntos muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, incluyendo la toma de muestras compuestas e integradas.	34
Tabla II 2. Factores físicos, químicos y microbiológicos.	35

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura I 1. Ubicación geográfica de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá D.C.	15
Figura I 2. Puntos muestreados en los humedales. A. Puntos muestreados en el humedal La Vaca. B. Puntos muestreados en el humedal Santa María del Lago.	16
Figura I 3. Abundancia acumulada de las náyades en los puntos muestreados. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del lago.	20
Figura I 4. Composición de macrófitas en el humedal La Vaca. 1 <i>Schoenoplectus californicus</i> . 2 <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> . 3 <i>Lemna minor</i> . 4. <i>Eichhornia crassipes</i> . 5 <i>Polygonum punctatum</i> .	21
Figura I 5. Composición de macrófitas en el humedal Santa María del Lago. 1 <i>Schoenoplectus californicus</i> . 2. <i>Bidens laevis</i> . 3 <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> . 4 <i>Lemna minor</i> . 5 <i>Myriophyllum sp.</i> 6 <i>Polygonum punctatum</i> . 7. <i>Typha latifolia</i> .	21
Figura I 6. Porcentaje de aparición de náyades en las diferentes macrófitas muestreadas. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del Lago.	22
Figura I 7. Abundancia acumulada en los cuatro meses muestreados en el humedal La Vaca y Santa María del Lago. I corresponde a agosto de 2009, II a 30 de septiembre y 1 de octubre de 2009, III a enero de 2010 y IV a mayo de 2010.	22
Figura I 8. Precipitación según las estaciones meteorológicas más cercanas a los humedales muestreados y abundancia de las náyades.	23
Figura I 9. Clúster de agrupación de abundancia de náyades en los meses muestreados del humedal La Vaca y el humedal Santa María del Lago.	24
Figura I 10. Análisis de correspondencia sin tendencia de la abundancia de las náyades.	25
Figura I 11. Curvas de rarefacción de la riqueza de náyades en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.	26
Figura II 1. Ubicación geográfica de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá D.C.	33
Figura II 2. Puntos muestreados en los humedales. A. Puntos en el humedal La Vaca. B. Puntos en el humedal Santa María del Lago.	34
Figura II 3. Abundancia acumulada de las náyades en los puntos muestreados. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del lago (SMDL).	38
Figura II 4. Abundancia acumulada en los cuatro meses muestreados en el humedal La Vaca y Santa María del Lago. I corresponde a agosto de 2009, II a octubre de 2009, III a enero de 2010 y IV a mayo de 2010.	38
Figura II 5. Factores químicos relacionados con la materia orgánica. A. Comparación de DBO 5, B. Comparación de DQO y C. Comparación del	39

carbono orgánico total en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	
Figura II 6. Factor relacionado con los minerales y equilibrio ácido base. A. Comparación de conductividad. B. Comparación del pH en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	40
Figura II 7. Factores químicos relacionados con los nutrientes. A. Comparación de fósforo soluble, B. Comparación de fósforo total, C. Comparación de nitrato y D. Comparación de Nitrógeno Kjeldahl total en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	41
Figura II 8. Distribución de frecuencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago de A. Fósforo total. B. Nitrato	41
Figura II 9. Factores químicos relacionados con los contaminantes. A. Comparación de fenoles totales y B. Comparación de SAAM en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	42
Figura II 10. Factores físicos relacionados con el transporte de sólidos. A. Comparación de SST y B. Comparación de Sólidos sedimentales en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	42
Figura II 11. Factores físicos relacionados con el transporte de sólidos. A. Comparación de la temperatura y B. Comparación de la transparencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	43
Figura II 12. Distribución de frecuencia de la transparencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	43
Figura II 13. Factores microbiológicos. A. Comparación de <i>E. coli</i> y B. Comparación de coliformes totales en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.	44
Figura II 14. Análisis de componentes principales de los factores físicos y químicos.	44
Figura II 15. Análisis de correspondencia canónica. Se incluyen las especies, las variables ambientales y los sitios de muestreo (•).	45

INTRODUCCIÓN

La Secretaría Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá trabaja por la conservación y recuperación ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico, como principal conector ecológico del territorio urbano y rural. Tales elementos incluyen los humedales y los remanentes de vegetación nativa, así como las áreas para restaurar su composición biótica original y su funcionalidad ecológica.

Los humedales urbanos de Bogotá son ecosistemas severamente degradados. Sin embargo, aún conservan elementos de flora y fauna amenazada, representativa de estos ecosistemas y de la sabana de Bogotá, además de prestar diversidad de funciones y servicios ambientales a la ciudad.

A través del estudio de la variación de las comunidades de náyades odonatos en humedales con diferentes años de rehabilitación, se determinó si el tiempo de rehabilitación influye en la presencia de especies de odonatos y si dichas especies cambian según el ecosistema dado por la rehabilitación ecológica de los humedales.

La investigación se desarrolló en el marco institucional de la línea de investigación en ecología del programa de Biología de la Universidad Nacional y junto con la empresa Acueducto de Bogotá que ha desarrollado junto con la Secretaría Distrital de Ambiente el proceso de rehabilitación de varios humedales urbanos de Bogotá.

Esta tesis se presenta en dos capítulos que se derivan de los objetivos de la investigación y los resultados se presentan en formato de artículo científico. El primer artículo hace referencia a la distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago. En el segundo artículo se evalúa la incidencia de los factores físicos, químicos y microbiológicos en la distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades de odonatos en los humedales la Vaca y Santa María del Lago.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los humedales figuran entre los ecosistemas más productivos (Ramsar, 1992). Del mismo modo, se encuentran entre los hábitats más amenazados y en Colombia se han perdido o alterado debido a la urbanización, contaminación, agricultura, ganadería intensiva, construcción de represas, uso inadecuado de la caza y pesca y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico (Rivera, 1998). Sin embargo, por la necesidad de frenar el deterioro y promover el uso racional de los humedales, se ha iniciado su rehabilitación en la sabana de Bogotá.

El interés de estudiar las comunidades de odonatos y su relación con diferentes variables bióticas y abióticas de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, toma una gran importancia, ya que cada humedal cuenta con diferentes años de rehabilitación activa y por lo tanto las libélulas como uno de los principales predadores de estos ecosistemas deben reflejar de alguna manera este proceso de recuperación. Por lo anterior, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cómo responden las comunidades de náyades de odonatos a la variación espacial y temporal en los diferentes estados de rehabilitación de hábitat de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia?

Del problema general de investigación surgen las siguientes preguntas:

¿Cómo la variación temporal y espacial de la abundancia y riqueza de las comunidades de náyades permitirá evaluar la variación de los humedales estudiados?

¿Cómo inciden las fluctuaciones de los factores físicos y químicos en la distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades en los ecosistemas estudiados?

HIPOTESIS

La distribución espacial y variación temporal de las comunidades de náyades en los microhábitats de los humedales La Vaca y Santa María del Lago está condicionada por el estado del hábitat en función del proceso de rehabilitación, y puede explicarse por algunos factores físicos y químicos del agua.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la variación espacial y temporal de las comunidades de náyades y su asociación al estado de rehabilitación de hábitat en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia.

Objetivos específicos

- Determinar la variación espacial y temporal de las comunidades de náyades en los microhábitat presentes en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia.
- Evaluar la relación entre las comunidades de náyades de odonatos y algunos factores físicos y químicos del agua y las características físicas de los microhábitat en los humedales.

I. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE NÁYADES DE ODONATOS EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO, BOGOTÁ, COLOMBIA

RESUMEN

Se evaluó la variación espacial y temporal de las comunidades de náyades de odonatos y su asociación al estado de rehabilitación de hábitat en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Se realizaron cuatro muestreos en cada humedal a lo largo de un año; utilizando técnicas estandarizadas de colecta de macroinvertebrados en puntos a la entrada, salida y espejos de agua de los humedales. Se encontró un gradiente en la distribución de la abundancia de las náyades observado en ambos humedales, donde la comunidad de náyades presenta mayor número de ejemplares en los puntos de muestreos que espacialmente se ubican a mayores distancias de los sitios de vertimientos. Al comparar la composición entre los humedales La Vaca y Santa María del Lago se encontró heterogeneidad de las comunidades de ambos humedales mediante la evaluación de la diversidad beta.

Palabras claves: distribución espacial y temporal, humedales, náyade, odonata.

INTRODUCCIÓN

El orden Odonata es un grupo destacado de la clase Insecta por su amplia distribución en los ecosistemas acuáticos, su capacidad depredadora, abundancia, diversidad y exigencias ecológicas (González y Novelo, 1996; Dommanget, 1998; Corbet, 1999). Es por esto, que se le considera un orden importante en la dinámica natural de las poblaciones y por lo tanto, parte esencial en muchos ecosistemas y significativo al momento de realizar estudios de rehabilitación de los ambientes acuáticos (Arnett, 1985; Dommanget, 1998).

Teniendo en cuenta que desde un punto de vista ecológico, la diversidad en una comunidad depende de la forma como se reparten los recursos y la energía a través de redes biológicas complejas, su estudio puede ser una de las aproximaciones más útiles al análisis comparado de comunidades, de tal manera que la biodiversidad es considerada el principal parámetro que puede medir de manera directa o indirecta el impacto provocado por las actividades humanas dentro de un ecosistemas (Halffter y Ezcurra, 1992).

Para hacer una evaluación confiable de la diversidad de especies, es de gran importancia considerar la escala espacial y temporal a la que se va a trabajar, dado que los procesos que la direccionan cambian sensiblemente de acuerdo con este factor (Arellano y Halffter, 2003).

La Secretaria Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá y el acueducto de Bogotá trabajan por la conservación y recuperación ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico, como principal conector ecológico del territorio urbano y rural. Tales elementos incluyen los humedales y los remanentes de vegetación nativa, así como su composición biótica original y su funcionalidad ecológica.

Los humedales urbanos de Bogotá son ecosistemas severamente degradados. Sin embargo, aún conservan algunos elementos de flora y fauna nativa, pero está amenazada. Esta biota es representativa de estos ecosistemas y de la sabana de Bogotá, además presta diversidad de funciones y servicios ambientales a la ciudad.

A través del estudio de la variación de las comunidades de odonatos en humedales con diferentes años de rehabilitación, se determinó si el tiempo de rehabilitación influye en el establecimiento de especies de odonatos y si la abundancia de estas especies cambia según el ecosistema dado por la rehabilitación ecológica de los humedales. Por esta razón se planteó la pregunta de investigación ¿cómo la variación temporal y espacial de la abundancia y riqueza de las comunidades de náyades permitirá evaluar la variación de los ecosistemas estudiados?

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los humedales urbanos La Vaca y Santa María del Lago. El humedal La Vaca se encuentra ubicado al suroccidente de la ciudad de Bogotá D.C., en la localidad de Kennedy, al oriente de la Avenida Ciudad de Cali (Fig.1). Tiene una extensión de 7,9 hectáreas. Por la proximidad al río Tunjuelo se presume que formó parte de su planicie inundable, con los humedales de Tibanica, Techo y El Burro, conformando un cuerpo de agua que se denominaba “Laguna el Tintal” (Secretaria Distrital de Bogotá, 2008).

El humedal Santa María del Lago se encuentra ubicado al noroccidente de la ciudad, en la localidad de Engativá (Fig.1). Tiene una extensión de 10,8 hectáreas. El humedal pertenece a la subcuenca del río Juan Amarillo o Salitre. Debido a los procesos de urbanización presenta desconexión respecto a sus fuentes originales, sin embargo, se encuentra interconectado por drenajes subterráneos con la parte superior del sistema Juan Amarillo (Secretaria distrital de Bogotá, 2008).

Historia de afectación y rehabilitación

Los humedales del distrito de Bogotá fueron progresivamente incorporados al desarrollo urbano-industrial. Los humedales han sido afectados por diversos factores relacionados con

los cambios del uso de la tierra, fragmentación, relleno, adición de aguas residuales, basuras, desecación e invasión. Las afectaciones siguen patrones comunes que se han ido manifestando diferencialmente en el tiempo, a medida que los ejes de crecimiento de la ciudad se han desplazado, siguiendo por lo general la dirección de los trazados de las vías principales y el proceso de incorporación de municipios. De esta manera, el humedal La Vaca cuenta con cerca de 50 años de afectación y el humedal Santa María del Lago un periodo de afectación del orden de 40 años (Secretaría Distrital de Ambiente, 2008).

Por los procesos de afectación, la Secretaría Distrital de Ambiente y la empresa Acueducto de Bogotá iniciaron la ejecución de acciones de rehabilitación del humedal Santa María del Lago en el año 1999 y en el humedal La Vaca en el año 2008. Las acciones incluyen tratamiento de los vertimientos, cuidado de la fauna y flora y monitoreo de factores físicos y químicos del agua.

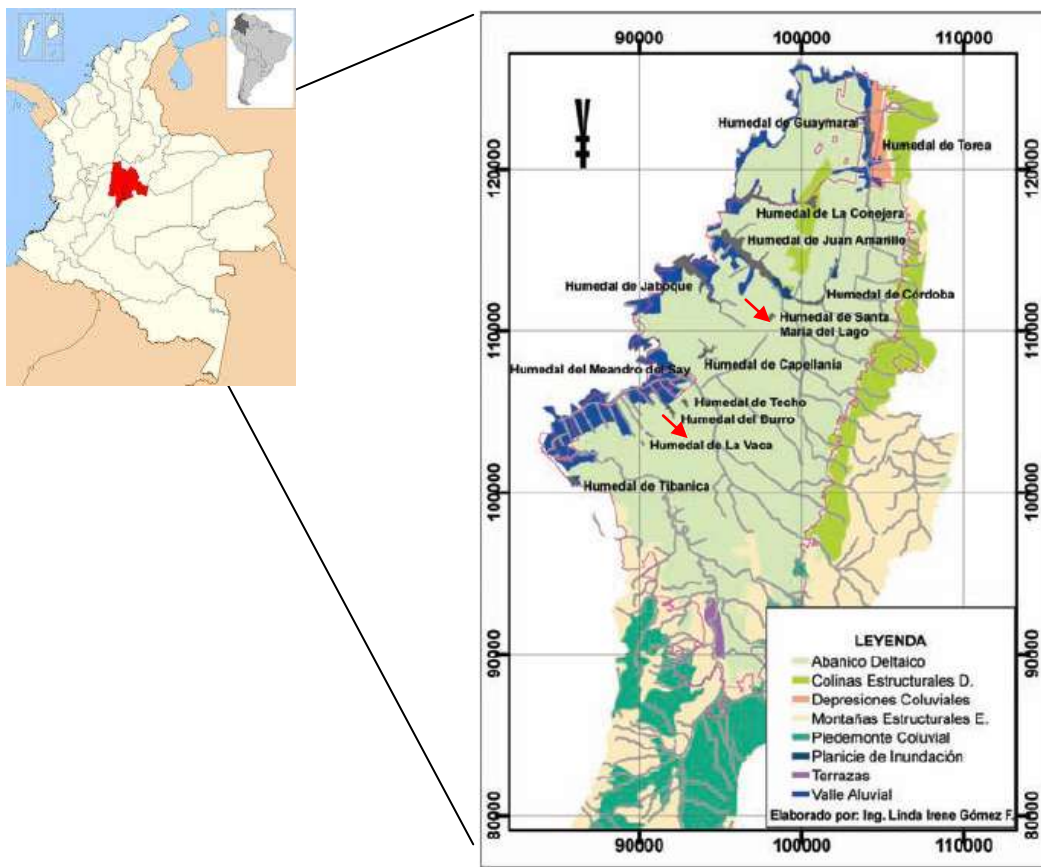


Figura 1. Ubicación geográfica de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá D.C. Fuente: Atlas ambiental SDA, 2008.

Fase de campo

Se realizaron cuatro muestreos a lo largo de las fluctuaciones del periodo seco y de lluvia en cada humedal; el muestreo I se realizó en el mes de agosto de 2009, el II en septiembre 30 y octubre 1 de 2009, el III en enero de 2010 y el IV en mayo de 2010. En el humedal La Vaca se establecieron seis puntos de muestreos, ubicados en la entrada del humedal, salida de la laguna de sedimentación, salida del humedal construido, salida del humedal y en el cuerpo de agua. En el humedal la vaca se muestreó en cuatro puntos ubicados en la entrada, salida y cuerpos de agua (Fig. 2, Tabla 1). Las náyades se colectaron en la vegetación asociada en cada uno de los puntos muestreados, en cada lugar se tuvo en cuenta la composición de especies de macrófitas emergentes, biotipo de la vegetación, altura y profundidad de la columna de agua para generar los perfiles de distribución de las náyades.



Figura 2. Puntos muestreados en los humedales. A. Puntos muestreados en el humedal La Vaca. B. Puntos muestreados en el humedal Santa María del Lago. (Fuente de imágenes: <http://maps.google.es/>)

Tabla 1. Coordenadas de los puntos muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago

Humedal	Lugar	Coordenadas geográficas	
		N	W
La Vaca	Entrada (1)	4° 37' 39,3"	74° 09' 30,2"
	Salida de laguna de sedimentación (2)	4° 37' 39,1"	74° 09' 36,3"
	Salida de humedal construido (3)	4° 37' 39,6"	74° 09' 40,2"
	Cuerpo de agua (4)	4° 37' 42,6"	74° 09' 42,6"
	Cuerpo de agua (5)	4° 37' 45,8"	74° 09' 46"
	Salida (6)	4° 37' 47,7"	74° 09' 48,1"
Santa María del Lago	Entrada (1)	4° 41' 44,7"	74° 05' 40,7"
	Salida (2)	4° 41' 40,5"	74° 05' 33,7"
	Cuerpo de agua (3)	4° 41' 42,8"	74° 05' 36,4"
	Cuerpo de agua (4).	4° 41' 37,1"	74° 05' 41,2"

Colecta y conservación de náyades y adultos

Para coleccionar las náyades de odonatos asociados a los microhábitat se utilizó una red modificada para toma de muestra flotante. La red posee un área de 0.25 m², la cual consiste en un marco metálico de 90cm, que está unido a una red cónica con un poro de 0.2 mm. La curva de acumulación de especies se ajustó en cada microhábitat en diez lances (10 x 0,25m²= 2,5m²) como el área mínima indicada para trabajar en cada punto muestreado. Las náyades coleccionadas se introdujeron en viales entomológicos plásticos con alcohol al 70% rotulado con los respectivos datos de campo. Las náyades destinadas a la cría se depositaron en bolsas de plástico junto con las macrófitas para la posterior revisión en el laboratorio.

Se realizó la captura de ejemplares de odonatos en fase de imagos con la ayuda de una red entomológica, con la finalidad de establecer la relación náyade - adulto. El esfuerzo de captura de imagos por muestreo fue de 8 horas. La colecta se realizó en la vegetación alrededor y cerca del espejo de agua. Los ejemplares capturados en estado adulto se depositaron vivos en sobres entomológicos y guardados en recipientes plásticos con cubos de alcanfor y naftalina.

Componente climatológico

Los registros de precipitación del año muestreado los proporcionó el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia –IDEAM-, a través, de las estaciones climatológicas INEM Kennedy cercana al humedal La Vaca y Emmanuel D´Alzon cercana al humedal Santa María del Lago.

Fase de laboratorio

Conservación e identificación

El material coleccionado en cada uno de los microhábitat se depositó en bandejas plásticas, se lavó con agua; las náyades se separaron con pinzas entomológicas. Las náyades de odonatos se depositaron en viales de vidrio con alcohol al 70% rotulado con datos de campo. Los imagos se sumergieron en acetona al 99% por 24 horas con la finalidad de conservar el color, según la técnica de Morse (1998). Para facilitar la identificación de náyades en futuras investigaciones se efectuó una guía de identificación.

Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas y descripciones realizadas por Borrór (1989), De Marmels (1993), Arango (1982), Paulson (1982), Cruz (1986), Westfall y Tennessen (1996) y Förster (1999). La identificación de los ejemplares fue confirmada por especialistas.

Técnica complementaria y cría de náyades para su identificación

Algunas de las náyades capturadas en cualquier instar de desarrollo se destinaron a la cría en acuarios de 100 cm³, los cuales se acondicionaron con agua en reposo mínimo de 24 horas y pequeñas macrófitas. En cada recipiente se colocó un individuo para evitar que se depredaran. Para permitir el ascenso y salida del último instar, en cada recipiente se colocaron ramas pequeñas. Las náyades se alimentaron con alimento vivo, principalmente *Tubifex sp* (Anélida). Para evitar que los adultos se escaparan se usaron toldos que cubrían los recipientes. Se obtuvieron así adultos que facilitaron la identificación de las náyades mediante la técnica de asociación náyade - imago. El montaje de la cría de náyades se mantuvo hasta que se realizara la emergencia al estado adulto, por un periodo que varió de una semana a tres meses aproximadamente.

Análisis de los datos

Los valores obtenidos de cada variable se sometieron a un análisis estadístico descriptivo.

Se sometieron los datos a análisis de comprobación de normalidad y homocedasticidad con test de prueba de Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov para determinar si las pruebas que se debían aplicar eran o no paramétricas. Los datos se sometieron a análisis de Kruskal-Wallis para mostrar las diferencias significativas entre los puntos y meses muestreados.

Se aplicó un análisis de similaridad con el índice de Bray-Curtis para estimar similitudes en la abundancia en los puntos y meses de muestreo de cada humedal.

Se realizó un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) con las abundancias de las náyades para explicar la variabilidad de la abundancia de las náyades en los puntos y meses muestreados. Se construyó una elipse de agrupación con un nivel de confianza del 95%.

Para el análisis ecológico de algunos atributos estructurales de la comunidad se usaron índices de diversidad alfa y beta siguiendo la propuesta de Moreno (2001). Se realizó una curva de colector y una curva de distribución de abundancias.

Para el análisis de datos se utilizaron programas como STATGRAPHICS, PAST y ESTIMATES.

RESULTADOS

Distribución de la riqueza y abundancia de las náyades

Se colectaron 392 individuos correspondientes a las familias Coenagrionidae con 298 individuos y Aeshnidae con 94 individuos. Se colectaron los géneros *Enallagma*, *Ischnura*, *Mesamphiagrion* y *Rhionaeschna*. La especie *Enallagma civile* (Hagen 1861) representa el 51% de la abundancia total (Tabla 2). Los imagos colectados en el área de estudio corresponden a las mismas especies encontradas en estado de náyade.

La abundancia total de las náyades en los humedales no presentó diferencias notorias; en el humedal La Vaca se colectaron 203 individuos y el Humedal Santa María del Lago 189. Se registró la presencia de las mismas especies en los dos humedales; sin embargo la representación de las especies en los humedales si presenta diferencias donde *E. civile* y *M. laterale* son más abundantes en el humedal La Vaca con 115 y 25 individuos frente a los 84 y 5 que respectivamente se encontraron en el humedal Santa María el Lago, mientras que *I. cruzi* y *R. marchali* fueron más abundantes en el humedal Santa María el Lago con 39 y 61 individuos con respecto a los 30 y 33 que respectivamente se colectaron en el humedal La Vaca (Tabla 2).

Tabla 2. Valores totales de especies y abundancia de náyades en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.

Familia	Especie	Abundancia La Vaca	Abundancia SMDL	Abundancia
Coenagrionidae	<i>Enallagma civile</i>	115	84	199
	<i>Ischnura cruzi</i>	30	39	69
	<i>Mesamphiagrion laterale</i>	25	5	30
Aeshnidae	<i>Rhionaeschna marchali</i>	33	61	94
Total		203	189	392

En el humedal La Vaca se presentó un gradiente en la abundancia y riqueza, que aumentó desde el sitio de ingreso de agua (punto uno) hasta el sitio más distante (punto seis) en las especie *E. civile* y *I. cruzi*. En el punto uno y dos sólo se encontraron hirudíneos y larvas de dípteros, en el punto tres crustáceos, hirudíneos, larvas de dípteros y dos náyades. A medida que los puntos se alejaban de la entrada de agua del humedal, se colectaron las cuatro especies y aumentó la abundancia de las náyades en 34, 62 y 105 en los puntos cuatro, cinco y seis respectivamente (Fig. 3A).

En el humedal Santa María del Lago se presentan náyades en todos los puntos de muestreo, aunque la especie *M. laterale* solo se encontró en los puntos ubicados en el espejo de agua.

Con respecto a la abundancia se observó que las especies no presentan una distribución equitativa. Se presentan las menores capturas en el punto uno con 23 individuos y en los puntos dos, tres y cuatro la abundancia fue de 57, 64 y 65 individuos respectivamente (Fig. 3B).

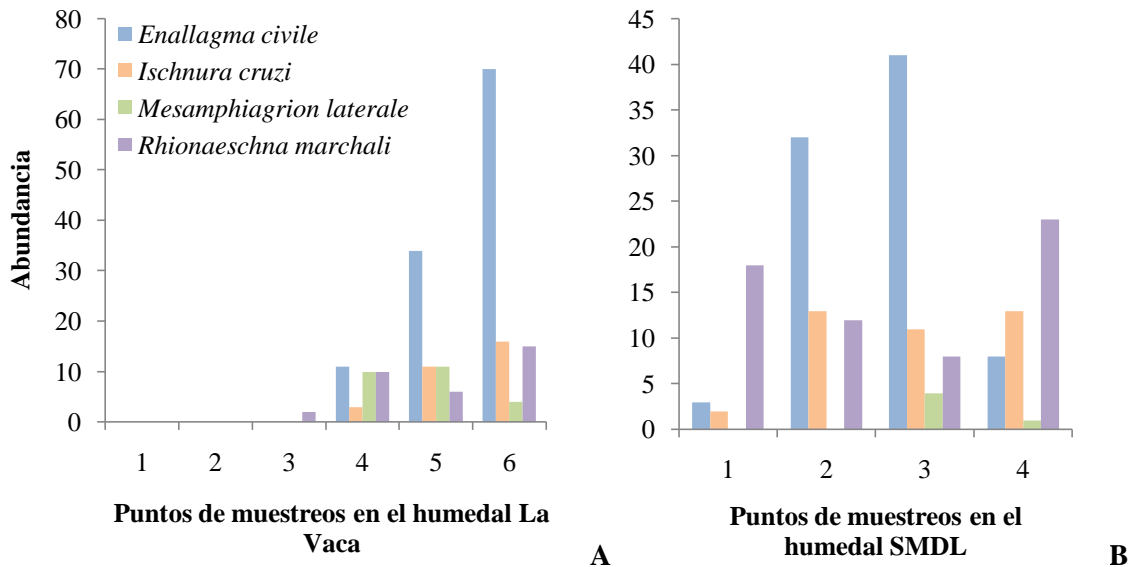


Figura 3. Abundancia acumulada de las náyades en los puntos muestreados. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del lago.

La abundancia fue significativamente diferente entre los puntos muestreados en el humedal La Vaca ($H= 5.46$, $P: 0.01$) y Santa María del Lago ($H=5.81$, $P: 0.01$).

Distribución de náyades en las macrófitas

En el humedal La Vaca se encontraron cinco especies de macrófitas y en el humedal Santa María del Lago siete especies. Al comparar la composición de macrófitas en el humedal La Vaca estuvo ausente *Bidens laevis*, *Myriophyllum sp* y *Typha latifolia*; mientras que en el humedal Santa María del Lago no se encontró *Eichhornia crassipes* (Figs. 4 y 5). *Lemna minor* se encontró asociada con *Hydrocotyle ranunculoides* en los dos humedales y adicionalmente con *E. crassipes* en el humedal La Vaca.

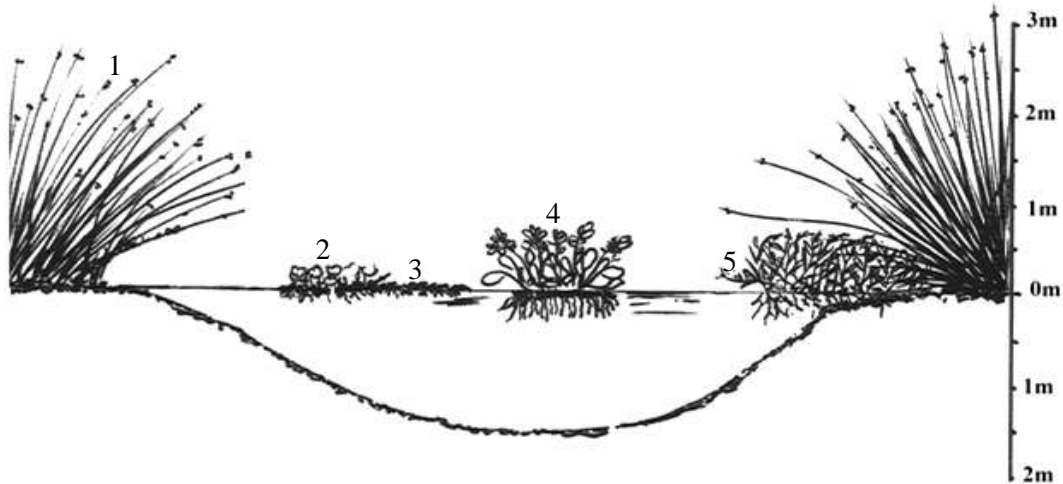


Figura 4. Composición de macrófitas en el humedal La Vaca. 1 *Schoenoplectus californicus*. 2 *Hydrocotyle ranunculoides*. 3 *Lemna minor*. 4. *Eichhornia crassipes*. 5 *Polygonum punctatum*.

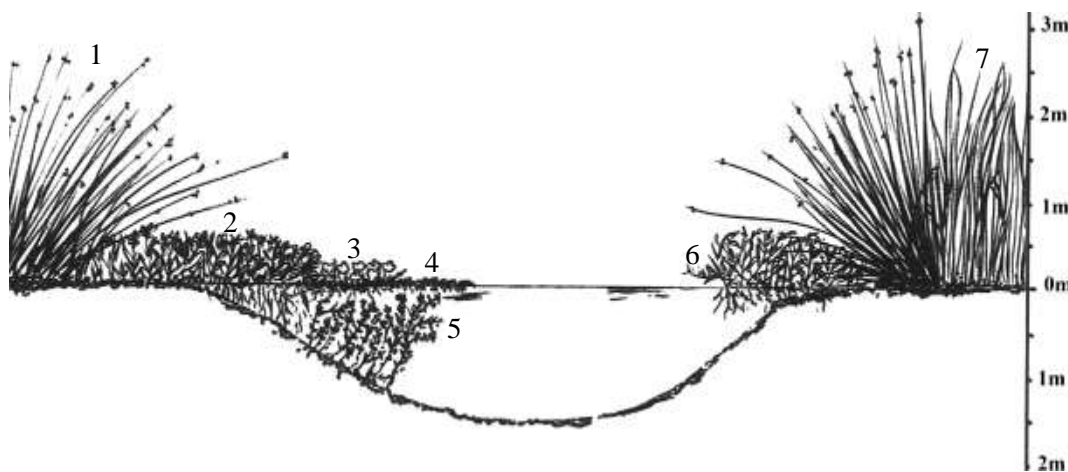


Figura 5. Composición de macrófitas en el humedal Santa María del Lago. 1 *Schoenoplectus californicus*. 2. *Bidens laevis*. 3 *Hydrocotyle ranunculoides*. 4 *Lemna minor*. 5 *Myriophyllum sp.* 6 *Polygonum punctatum*. 7. *Typha latifolia*.

En el Humedal La Vaca *I. cruzi* se distribuyó proporcionalmente en todas las macrófitas, mientras que *R. marchali* fue más frecuente en *P. punctatum* y *E. civile* en *E. crassipes*. La especie *M. laterale* solo se encontró presente en tres macrófitas mientras las demás especies se distribuyeron en todas las macrófitas (Fig. 6A).

En el humedal Santa María del Lago *E. civile*, *I. cruzi* y *M. laterale* fueron más frecuentes en *B. laevis*. La náyade *R. marchali* fue más frecuente en *T. latifolia* y en la macrófita *S. californicus* solo se encontró esta náyade (Fig. 6B).

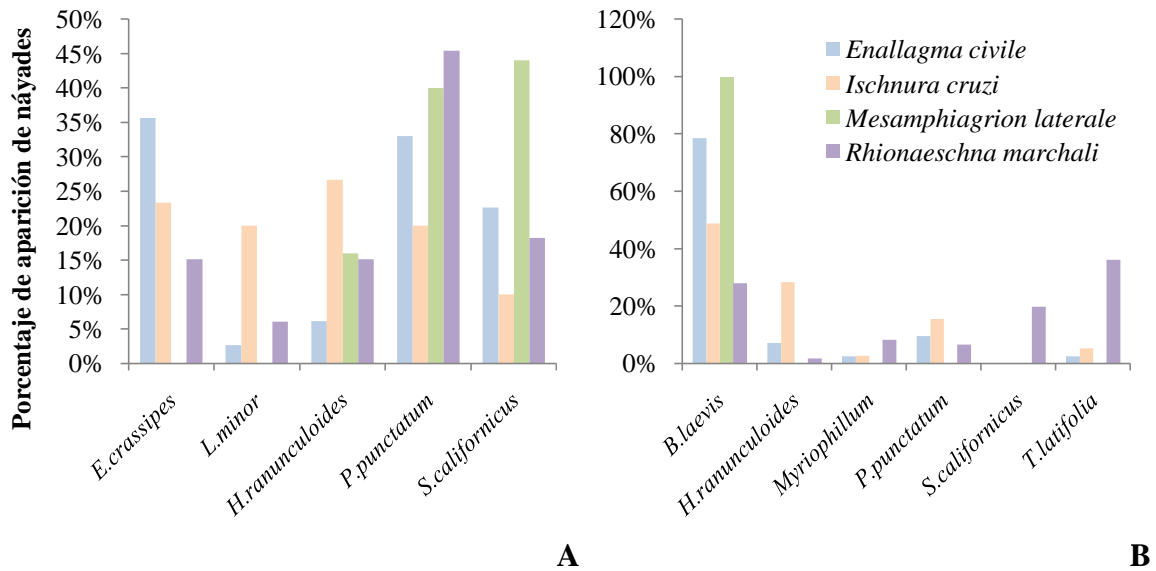


Figura 6. Porcentaje de aparición de náyades en las diferentes macrófitas muestreadas. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del Lago.

Variación temporal

Cada una de las especies presentó diferente variación en la abundancia durante los meses muestreados. Se pueden distinguir asincronías en las especies y entre humedales. Las especies *E. civile*, *I. cruzi* y *R. marchali* se mantuvieron presentes en todos los muestreos; mientras que *M. laterale* fue puntual en los dos humedales (Fig. 7).

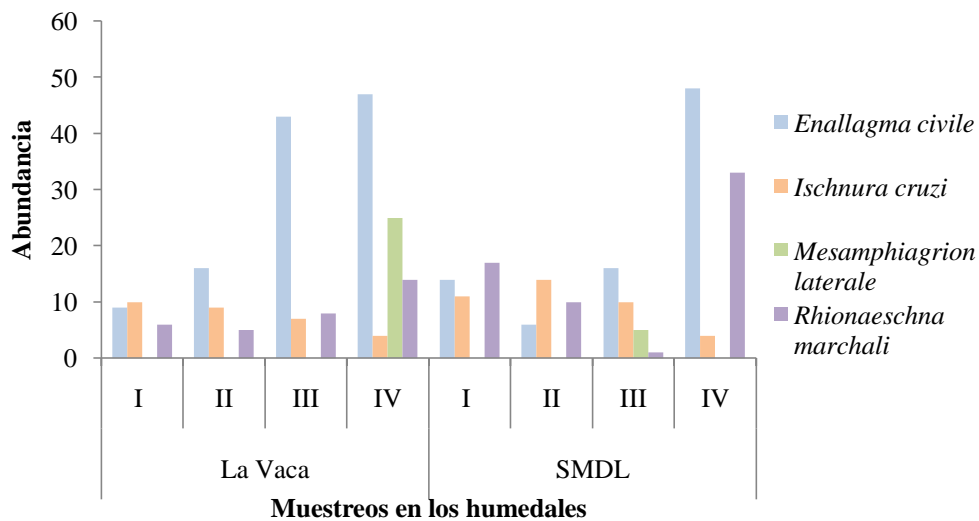


Figura 7. Abundancia acumulada en los cuatro meses muestreados en el humedal La Vaca y Santa María del Lago. I corresponde a agosto de 2009, II a 30 de septiembre y 1 de octubre de 2009, III a enero de 2010 y IV a mayo de 2010.

En el muestreo número IV se presentó la mayor abundancia de náyades en el humedal la Vaca con 90 individuos y en el humedal Santa María con 85; durante este periodo se presentan los valores más altos de precipitación en el área de influencia, sin embargo la relación entre los valores de mm de precipitación y la abundancia de las náyades no es lineal (Fig. 8).

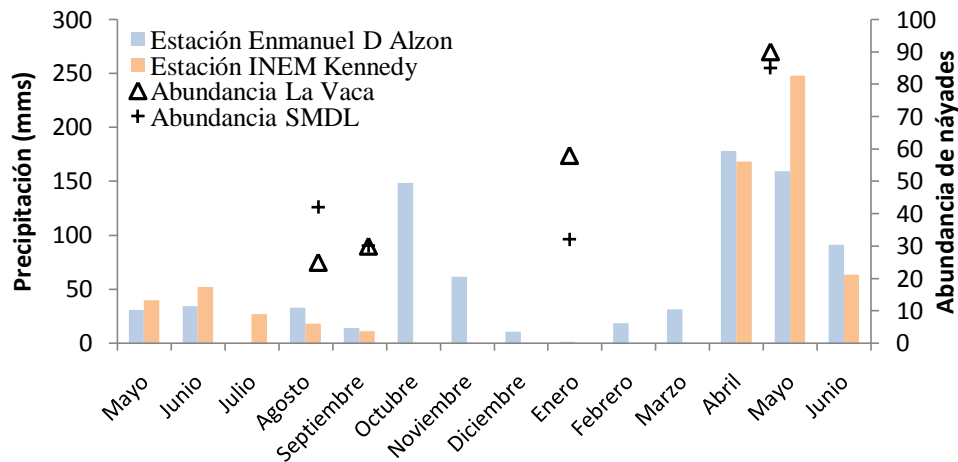


Figura 8. Precipitación según las estaciones meteorológicas más cercanas a los humedales muestreados y abundancia de las náyades.

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que la abundancia fue significativamente diferente entre los meses muestreados en el humedal La Vaca ($H= 8.64$, $P: 0.003$) y Santa María del Lago ($H=5.81$, $P: 0.01$).

El análisis por conglomerados de la abundancia en los diferentes meses en los puntos muestreados utilizando el índice de Bray-Curtis no indica una evidente similitud, con un coeficiente de correlación cofenética de 0.81 (Fig. 9).

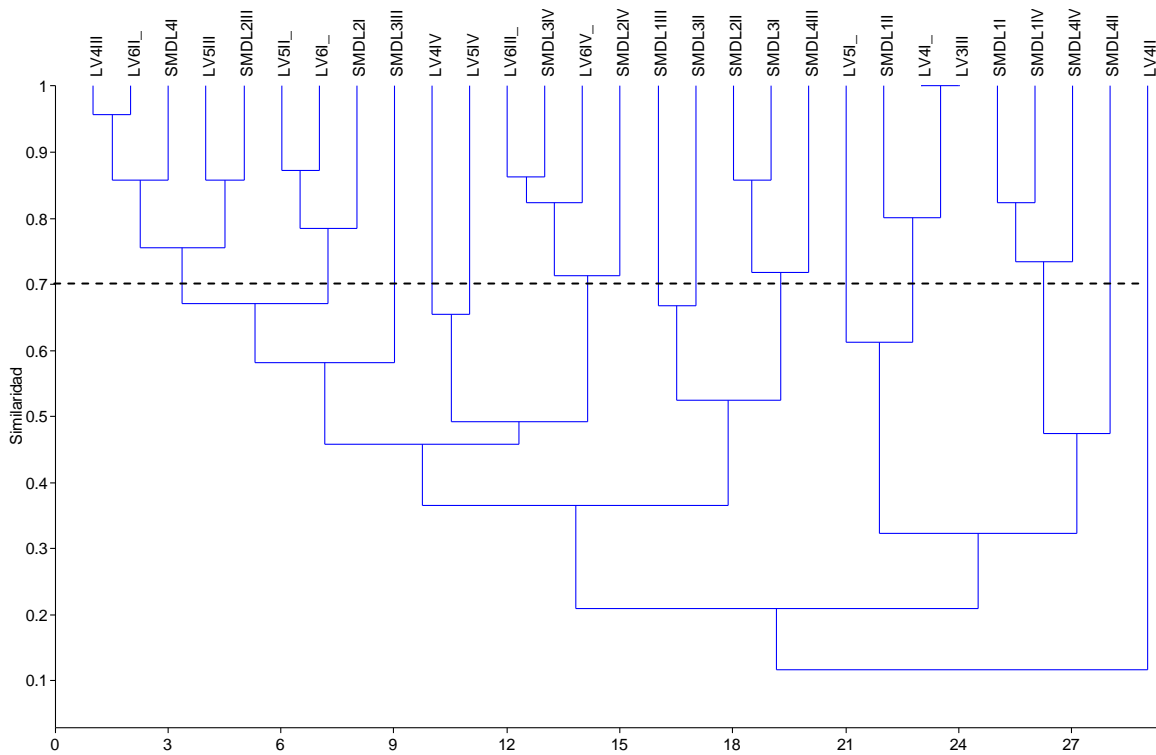


Figura 9. Clúster de agrupación de abundancia de náyades en los meses muestreados del humedal La Vaca y el humedal Santa María del Lago.

El Análisis de correspondencia sin tendencia -DCA- de la abundancia de las náyades es explicada en un 60% por los componentes uno y dos; en el cual no se evidencia una agrupación entre los puntos y meses muestreado (Fig. 10).

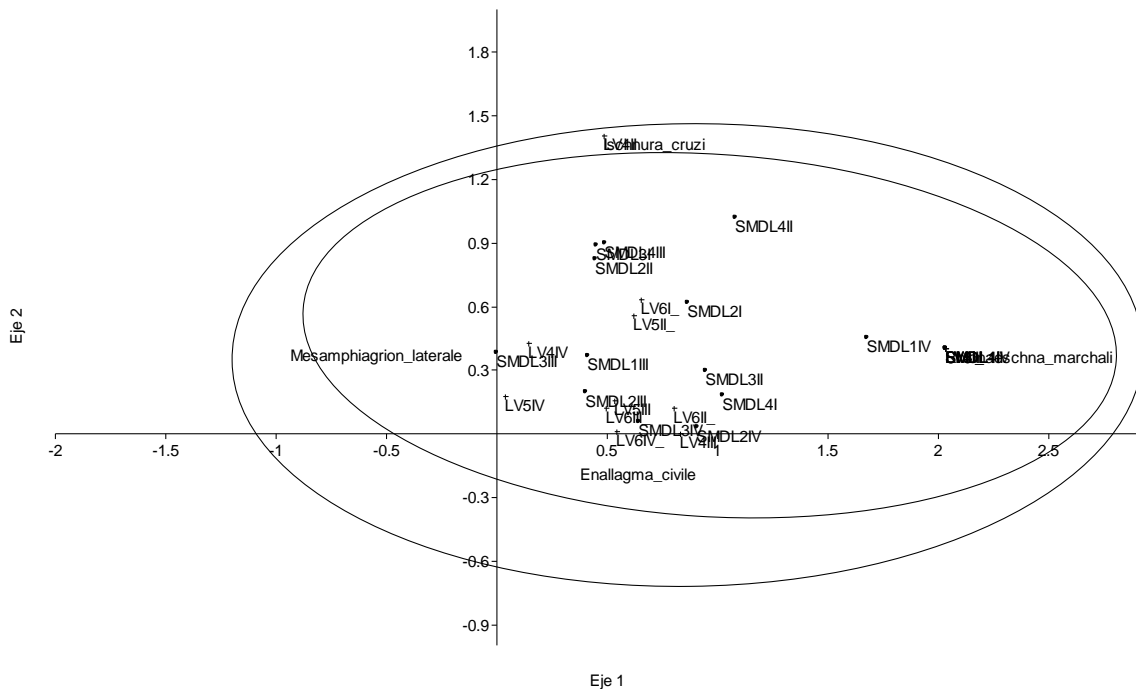


Figura 10. Análisis de correspondencia sin tendencia de la abundancia de las náyades.

Atributos de la comunidad

Los resultados de diversidad indicaron que el valor es mayor en los sitios de muestreo que se ubican a mayor distancia de los afluentes o sitios de vertimientos en ambos humedales (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de índices de diversidad para cada punto de muestreo en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.

	La Vaca				Santa María del Lago			
	3	4	5	6	1	2	3	4
Taxa	1	4	4	4	3	3	4	4
Individuos	2	34	62	105	23	57	64	45
Shannon H	0	1.29	1.16	0.95	0.66	0.98	1.02	1.09
Equitatividad J	0	0.93	0.84	0.69	0.60	0.90	0.73	0.78

Según los estimadores Chao2 y Bootstrap los porcentajes de riqueza son de 100% y 93% respectivamente. Los estimadores indican los mismos resultados en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.

El estimador Cole Rarefacción por número de individuos capturados indica en los dos humedales hubo muestreo representativo de náyades. Para las capturas se observa que en muestras pequeñas hay diferencias entre los humedales, pero con un aumento progresivo de las capturas es posible reducir estas diferencias en la riqueza náyades entre humedales (Fig. 11).

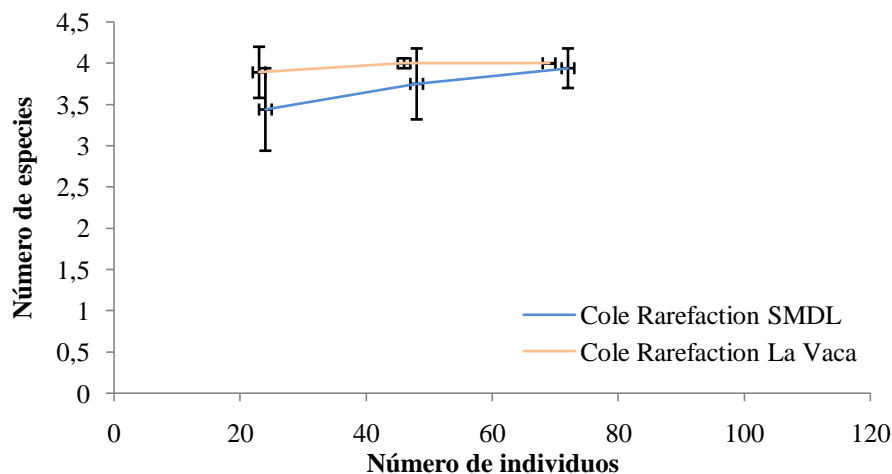


Figura 11. Curvas de rarefacción de la riqueza de náyades en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.

El grado de heterogeneidad espaciotemporal evaluado a través de la diversidad Beta es de 0.6465 en el humedal La Vaca con una desviación estándar de 0.268 y de 0.6496 en el humedal Santa María del Lago con una desviación estándar de 0.218. Se puede considerar que la diversidad es media y sin diferencias marcada en los dos humedales.

DISCUSIÓN

Se puede considerar que la riqueza de especies fue significativa, al compararlo con las especies reportadas en tres sistemas lénticos del noroccidente de la sabana de Bogotá en alturas que oscilaron entre 1894 y 2611 msnm por Cardonal *et al* (2005). Las especies en los humedales La Vaca y Santa María del Lago representan el 50% frente a las ocho especies de adultos y siete de náyades reportadas; lo cual se considera alto al tener en cuenta que son humedales urbanos con vertimientos de aguas residuales, rango de altura similar, procesos avanzados de reducción, aislamiento de su cuenca original y fraccionamiento de hábitat por rellenos y drenajes. Del mismo modo, los géneros muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago representan el 50% del estudio de la comunidad de libélulas a nivel de género en dos cuerpos lénticos en Anolaima, Cundinamarca a 1370 msnm por Valencia (2006).

La aparición asincrónica de la especies de náyades en el humedal La Vaca y santa María del Lago concuerda con lo registrado por varios trabajos que versan sobre la estructura de las asociaciones de odonatos. Se sabe que en cualquier época del año es factible encontrar náyades de odonatos de diversas especies y con diferentes intervalos de edad y tamaño, lo que implica una asincronía en el uso de hábitat, emergencia y maduración sexual entre las especies (Corbet, 1999).

La distribución temporal de los odonatos va de acuerdo a la historia de vida de cada especie así como el tiempo que tarda en completarla y según Corbet (1999) factores como la cantidad de alimento inciden directamente sobre esta característica.

El incremento de los individuos en valores altos de precipitación indica la relación directa con la cantidad de lluvia. Crowley & Johnson (1982), estudiaron la coexistencia de 46 especies de Odonatos en Mountain Park, condado de Sullivan, Tennessee, EE.UU. En seis hábitats acuáticos del parque se realizaron muestreos mensuales y se estableció la distribución de la biomasa de 12 larvas dominantes en los hábitats y estaciones del año. Se evidenció un patrón estacional de la comunidad debido que tuvo un lento incremento de marzo a mayo, seguida por un pico de aparición y bajas densidades a finales de verano, el aumento en otoño fue agudo y finalmente, se obtuvo disminución en el invierno.

Los niveles de tolerancias de las especies a los cambios ecológicos y la variabilidad y abundancia de la oferta trófica pueden desempeñar funciones importantes para que las especies de los odonatos en el sistema puedan coexistir. La disponibilidad de presas puede directa o indirectamente limitar las comunidades de larvas de odonatos, por lo tanto, la distribución espacial y temporal de de las larvas se determina en gran medida por la forma en que utiliza el recurso alimenticio.

Alonso (2004) describió y comparó las comunidades de odonatos en ocho sitios de las microcuencas San Juan, Tula y Moctezuma, en el área de influencia de la presa Zimapán. Para la descripción de las comunidades en términos de ciclos de vida y frecuencias de aparición anual, se consideraron adultos y náyades; para describir la estructura de la riqueza, abundancia y diversidad se utilizaron las náyades. Se encontró que la distribución temporal de la especies explica la coexistencia en la mayoría. El índice de similitud de Jaccard y la diversidad Beta mostraron que las náyades responden a la heterogeneidad regional del sistema, al comparar la abundancia y riqueza de los dos humedales. La composición de la odonatofauna conformada por náyades, respondió diferencialmente a condiciones particulares de tipo de ambiente así como a la heterogeneidad del sistema.

La Secretaría Distrital de Ambiente (2008) inició la ejecución de acciones de rehabilitación del humedal Santa María del Lago en el año 1999 y en el humedal La Vaca en el año 2008. La heterogeneidad en la composición de náyades entre los humedales indica que las comunidades de odonatos responden rápidamente a los procesos de rehabilitación; sin

embargo se observa que se ve afectada al interior de cada humedal por los vertimientos de aguas residuales.

CONCLUSIONES

Los odonatos ocupan o se distribuyen en un área mayor en el humedal Santa María del Lago, mientras que el porcentaje de ocupación del humedal La Vaca esta reducido. Este hecho puede estar relacionado con un área mayor del humedal La Vaca impactada por los vertimientos, en la medida en que son los sitios o puntos de muestreos ubicados cerca de los afluentes los que no evidencian el establecimiento de náyades.

La distribución espacial y temporal de las náyades sugiere que se presentan diferencias al interior de los humedales en la estructura de abundancia de las náyades. El gradiente en la distribución de la abundancia de las náyades observado en ambos humedales, se ajusta más a una respuesta de las especies en términos de tolerancia a las variables ambientales, en la medida en que se evidencia que la comunidad de náyades presentan mayores ejemplares en los puntos de muestreos que espacialmente se ubican a mayor distancias de los sitios de vertimientos.

Al comparar la composición de los humedales La Vaca y Santa María del Lago que presentaron náyades se mostró un grado de heterogeneidad evaluado con la diversidad Beta. La evaluación de los atributos de la comunidad en la curva de acumulación basada en números de individuos y en la curva de rarefacción de la riqueza de náyades demostró poca diferencia en el arreglo de especies de náyades entre los dos humedales.

La riqueza de odonatos registrada en los humedales la Vaca y Santa María del Lago, en comparación con los registros de otros humedales de referencias considerando su ubicación geográficas y condiciones climáticas, muestran que la comunidad de odonatos en estos humedales está limitada a un grupo de cuatro especies que probablemente son las de mayor tolerancias y adaptación a ambientes impactados por aguas residuales.

Los resultados sobre la riqueza y distribución de la abundancia de los odonatos en los humedales la Vaca y Santa María del Lago y las referencias de la comunidades registradas en el área geográfica, permiten considerar que las náyades de odonatos son un indicador que permite hacer seguimiento y evaluar los procesos de rehabilitación de hábitat.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, P. 2004. Ecología de las asociaciones de odonata en el área de influencia de las microcuencas afectadas por la presa Zimapán, Querétaro e Hidalgo, México. Tesis doctoral en ciencias. Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de ciencias naturales. 231 p.
- ARANGO, J. C. 1982. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, Vol. 12. Medellín- Antioquia. 91-100 p
- ARELLANO L. & G. HALFFTER. 2003. Gamma diversity: derived from and a determinant of alpha diversity and beta diversity, an analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoologica mexicana* 90: 27-76.
- ARNETT, R. H. 1985. American insects: a handbook of the insects of America north of Mexico. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 850 p.
- BORROR, D. 1989. A Key to the world genera of Libellulidae (Odonata). *Annals Entomological Society of America*, XXXVIII: 174 -193 p.
- CORBET, P.S. 1999. Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Comstock Publishing Associates. New York, USA. 829 p
- CROWLEY, P. H. & D. M. JOHNSON. 1982. Habitat and seasonality as niche axes in an Odonate community. *Ecology* 63: 1064-1077
- CRUZ, L. 1986. Contribución a los estudios taxonómicos de Odonata Zigoptera de Colombia: descripción de una nueva especie de *Cianallagma* (Odonata: Coenagrionidae). *Caldasia* 14(68/70): 743-74.
- DE MARMELS, J. 1993. Los géneros venezolanos de la familia Aeshnidae (Insecta: Odonata). Trabajo de ascenso. Universidad central de venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay.
- DOMMANGET, J.L. 1998. Les libellules et leurs habitats. Eléments de gestion et restauration. Société Française d`Odonatologie, 20 p.
- FÖRSTER, S. 1999. The dragonflies of Central America exclusive of Mexico and the West Indies: A guide to their identification. Braunschweig, G. Rehfeldt. 141 p.
- GONZÁLEZ, E. Y R. NOVELO. 1996. Odonata. En: Llorente, J., A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento. Conabio/UNAM. México.
- HALFFTER G. & E. EZCURRA. 1992. ¿Qué es la biodiversidad? *Acta zoológica*. México. Número especial: 3-24.
- JOHANSSON F. & SUHLING F. 2004. Behaviour and growth of dragonfly larvae along a permanent to temporary water habitat gradient. *Ecological Entomology* 29: 196-202.

MORENO, C. 2001. Metodos para medir la biodiversidad. GORFI, S.A. Zaragoza (España). 86 p.

MORIN P. J. 1984. Odonate guild composition: experiment with colonization history and fish predation. *Ecology*, 65 (6): 1866-1873.

PAULSON D.R., 1982. Odonata. In aquatic biota of México, Central America and the West Indies. S.H. Hurlbert and Villalobos Figueroa (eds). San Diego University, San Diego California. Págs 249-277.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Alcaldía Mayor de Bogotá. 2008. Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. Vol: 1 pp 296.

SECRETARIA DISTRITAL DE BOGOTÁ. 2008. Protocolo de recuperación y rehabilitación.

WESTFALL, M. J. & K. J. TENNESSEN. 1996. Odonata: 164-211. En: Merrit, R. y K. Cummins (Eds.). An introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company: 3^a edition.

II. INCIDENCIA DE LOS FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE NÁYADES DE ODONATOS EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO, BOGOTÁ, COLOMBIA

RESUMEN

Se evaluó la relación entre las comunidades de náyades de odonatos, algunos factores físicos químicos, microbiológicos del agua y las características físicas de los microhábitats en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Se establecieron cuatro muestreos en cada humedal a lo largo de un año; las náyades (Odonata) se colectaron utilizando técnicas estandarizadas de colecta de macroinvertebrados en puntos aleatorios a la entrada, salida y espejos de agua de los humedales. Los patrones de distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades en los microhábitats pueden explicarse por algunos factores físicos y químicos del agua. Los dos humedales mostraron variabilidad agregada que disminuía hacia los puntos de salida del agua en las concentraciones de sólidos, DBO₅, DQO, Nitrógeno, fenoles, SAAM, nutrientes y en los factores microbiológicos; lo cual concordó con el incremento de náyades en los puntos distantes a los vertimientos.

Palabras claves: factores físicos y químicos del agua, humedales, náyades, odonata.

INTRODUCCIÓN

El ambiente físico, las condiciones fisicoquímicas del agua y el componente biótico y biótico influyen profundamente en la ecología y conducta del orden Odonata. Los factores actúan recíprocamente entre sí y tienen efectos a largo y corto plazo, por lo cual es preciso el estudio simultaneo de los factores al momento de caracterizar los diferentes hábitats (Corbet 1999).

Las condiciones físicas y químicas del agua han demostrado ser buenos determinantes de la distribución y abundancia de las náyades a escala espacial y temporal. Al relacionar las variables físicas y químicas con las biológicas, se puede observar que cada sitio presenta características particulares, ofreciendo a las asociaciones de náyades microhábitats con características diferenciales entre sí (Alonso 2004).

El orden Odonata es un grupo destacado de la clase Insecta por su amplia distribución en los ecosistemas acuáticos, su capacidad depredadora, abundancia, diversidad y exigencias ecológicas (González y Novelo 1996; Dommanget, 1998; Corbet 1999). Se le considera un orden importante en la dinámica natural de las comunidades y por lo tanto, parte esencial en

muchos ecosistemas y significativo al momento de realizar estudios de rehabilitación de los ambientes acuáticos (Arnett 1985, Dommanget, 1998).

La Secretaria Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá trabaja por la conservación y recuperación ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico, como principal conector ecológico del territorio urbano y rural. Tales elementos incluyen los humedales y los remanentes de vegetación nativa, así como las áreas para restaurar su composición biótica original y su funcionalidad ecológica.

Los humedales urbanos de Bogotá son ecosistemas severamente degradados. Sin embargo, aún conservan elementos de flora y fauna amenazada, representativa de estos ecosistemas y de la sabana de Bogotá, además de prestar diversidad de funciones y servicios ambientales a la ciudad.

A través del estudio surge el interés de evaluar la relación entre las comunidades de náyades de odonatos y algunos factores físicos y químicos del agua y las características físicas de los microhábitats en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Por esta razón se planteó como pregunta de investigación ¿cómo inciden las fluctuaciones de los factores físicos y químicos en la distribución espacial y temporal de las comunidades de náyades en los ecosistemas estudiados?, como un indicador de monitoreo que facilite el seguimiento a los procesos de rehabilitación.

La investigación se desarrolló en el marco institucional de la línea de investigación en ecología del programa de Biología de la Universidad Nacional y el Acueducto de Bogotá. Empresa que ha desarrollado junto con la Secretaría Distrital de Ambiente el proceso de rehabilitación de varios humedales urbanos de Bogotá.

MÉTODOS

Área de estudio.

El estudio se realizó en los humedales urbanos La Vaca y Santa María del Lago. El humedal La vaca se encuentra ubicado al suroccidente de la ciudad de Bogotá D.C., en la localidad de Kennedy, al oriente de la Avenida Ciudad de Cali (Fig.1). Tiene una extensión de 7.9 hectáreas. Por la proximidad al río Tunjuelo se presume que formó parte de su planicie inundable, con los humedales de Tibanica, Techo y El Burro, conformando un cuerpo de agua que se denominaba “Laguna el Tintal” (Secretaria Distrital de Bogotá, 2008).

El humedal Santa María del Lago se encuentra ubicado al noroccidente de la ciudad, en la localidad de Engativá (Fig.1). Tiene una extensión de 10.8 hectáreas. El humedal pertenece a la subcuenca del río Juan Amarillo o Salitre. Debido a los procesos de urbanización

presenta desconexión respecto a sus fuentes originales, sin embargo, se encuentra interconectado por drenajes subterráneos con la parte superior del sistema Juan Amarillo (Secretaría distrital de Bogotá, 2008).

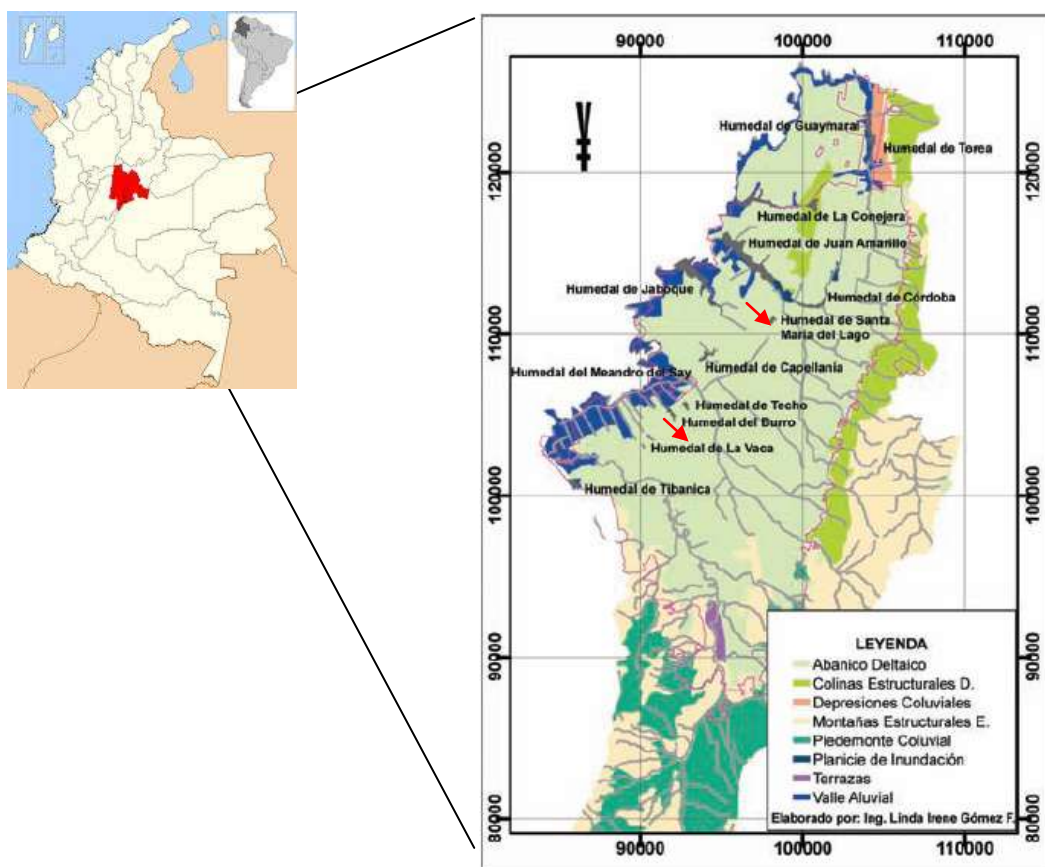


Figura 1. Ubicación geográfica de los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá D.C. Fuente: Atlas ambiental SDA, 2008.

Fase de campo.

Se realizaron cuatro muestreos a lo largo de las fluctuaciones del periodo seco y de lluvia en cada humedal; el muestreo I en el mes de agosto de 2009, el II en octubre de 2009, el III en enero de 2010 y el IV en mayo de 2010. En el humedal La Vaca se establecieron seis puntos de muestreos, ubicados en la entrada y salida del humedal, salida de la laguna de sedimentación, salida del humedal construido y en los espejos de agua. En el humedal la vaca se muestreó en cuatro puntos ubicados en la entrada, salida y espejos de agua (Figura 2, Tabla 1). Las náyades se colectaron en la vegetación asociada en cada uno de los puntos en los que se tomaron las muestras de los factores físicos, químicos y microbiológicos.



Figura 2. Puntos muestreados en los humedales. A. Puntos en el humedal La Vaca. B. Puntos en el humedal Santa María del Lago. (Fuente de imágenes: <http://maps.google.es/>)

Tabla 1. Coordenadas de los puntos muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago

Humedal	Lugar	Coordenadas geográficas	
		N	W
La Vaca	Entrada (1)	4° 37' 39,3"	74° 09' 30,2"
	Salida de laguna de sedimentación (2)	4° 37' 39,1"	74° 09' 36,3"
	Salida de humedal construido (3)	4° 37' 39,6"	74° 09' 40,2"
	Cuerpo de agua (4). Punto A	4° 37' 42,4"	74° 09' 42,6"
	Cuerpo de agua (4). Punto B	4° 37' 42,6"	74° 09' 42,4"
	Cuerpo de agua (4). Punto C	4° 37' 42,8"	74° 09' 42,5"
	Cuerpo de agua (4). Punto D	4° 37' 42,7"	74° 09' 42,8"
	Cuerpo de agua (5). Punto A	4° 37' 45,7"	74° 09' 45,6"
	Cuerpo de agua (5). Punto B	4° 37' 46,4"	74° 09' 45,9"
	Cuerpo de agua (5). Punto C	4° 37' 45,7"	74° 09' 46,6"
	Cuerpo de agua (5). Punto D	4° 37' 45,4"	74° 09' 46,0"
	Salida (6)	4° 37' 47,7"	74° 09' 48,1"
Santa María del Lago	Entrada (1)	4° 41' 44,7"	74° 05' 40,7"
	Salida (2). Punto A	4° 41' 40,5"	74° 05' 33,7"
	Salida (2). Punto B	4° 41' 41,0"	74° 05' 33,8"
	Salida (2). Punto C	4° 41' 40,9"	74° 05' 33,3"
	Salida (2). Punto D	4° 41' 40,8"	74° 05' 32,9"
	Cuerpo de agua (3). Punto A	4° 41' 42,8"	74° 05' 36,4"
	Cuerpo de agua (3). Punto B	4° 41' 42,5"	74° 05' 37,3"
	Cuerpo de agua (3). Punto C	4° 41' 41,4"	74° 05' 36,5"
	Cuerpo de agua (3). Punto D	4° 41' 42,8"	74° 05' 35,6"
	Cuerpo de agua (4). Punto A	4° 41' 37,1"	74° 05' 41,2"
	Cuerpo de agua (4). Punto B	4° 41' 37,3"	74° 05' 40,1"
	Cuerpo de agua (4). Punto C	4° 41' 37,6"	74° 05' 40,0"
Cuerpo de agua (4). Punto D	4° 41' 37,7"	74° 05' 39,5"	

Colecta y conservación de náyades y adultos

Para colectar las náyades de odonatos asociados a los microhábitat se utilizó una red modificada para toma de muestra flotante. La red posee un área de 0.25 m², la cual consiste en un marco metálico de 90cm, que está unido a una red cónica con un poro de 0.2 mm. La curva de acumulación de especies se ajustó en cada microhábitat en diez lances (10 x 0,25m²= 2,5m²) como el área mínima indicada eran indicados para trabajar en cada punto muestreado. Las náyades colectadas se introdujeron en viales entomológicos plásticos con alcohol al 70% rotulado con los respectivos datos de campo. Las náyades destinadas a la cría se depositaron en bolsas de plástico junto con las macrófitas para la posterior revisión en el laboratorio.

Se realizó la captura de ejemplares de odonatos en fase de imagos con la ayuda de una red entomológica, con la finalidad de establecer la relación náyade - adulto. El esfuerzo de captura de imagos por muestreo fue de 8 horas. La colecta se realizó en la vegetación alrededor y cerca del espejo de agua. Los ejemplares capturados en estado adulto se depositaron vivos en sobres entomológicos y guardados en recipientes plásticos con cubos de alcanfor y naftalina.

Factores físico-químicos del agua.

Los factores físicos, químicos y microbiológicos se obtuvieron de las muestras tomadas por las comisiones de la empresa Acueducto de Bogotá en los humedales La Vaca y Santa María del Lago. Las comisiones acompañaron cada uno de los muestreos y realizaron la toma de muestras en la entrada, salida y espejos de agua de los humedales. Los factores se describen en la Tabla 2. Se registró una medición de cada parámetro por muestreo. Los resultados de entradas y salidas procedieron de muestras compuestas, que se refiere a la combinación de 4 muestras puntuales tomadas en el mismo sitio durante una hora. Los resultados de los espejos de agua y de la salida del humedal Santa María del Lago, debido que no presentó descarga en los días muestreados, se obtuvieron con muestras integradas; que se refiere a la mezcla de cuatro muestras en cuatro puntos.

Tabla 2. Factores físicos, químicos y microbiológicos.

Factor	Unidades	Método
Físico		
Caudal	L/s	Volumétrico
Transparencia	M	Medición Discos Secchi
Sólidos Sedimentales	mL/L	Cono imhoff
SST	mg/L	Gravimétrico
Temperatura	°C	Electrodo. <i>In situ</i>
Químico		
Carbono orgánico total	mg C/L	Combustión-Infrarrojo
Conductividad	µS/cm	

DBO 5	mg O ₂ /L	Electrométrico
DQO	mg O ₂ /L	Volumétrico
Fenoles totales	mg Fenol/L	Destilación colorimétrico
Fosforo soluble	mg P/L	Colorimétrico
Fosforo total	mg P/L	Colorimétrico
Nitrato	mg NO ₃ -N/L	Colorimétrico
Nitrogeno Kjeldahl total	mg N/L	Volumétrico
pH	U	Electrodo. <i>In situ</i>
SAAM	mg/L	Espectrofotometría
Microbiológico		
Coliformes totales	NMP/100mL	Sustrato enzimático cuantitativo
<i>E. Coli</i>	NMP/100mL	Sustrato enzimático cuantitativo

Fase de laboratorio.

Conservación e identificación

El material colectado en cada uno de los microhábitat se depositó en bandejas plásticas, se lavó con agua y se separaron las náyades con pinzas entomológicas. Las náyades de odonatos se depositaron en viales de vidrio con alcohol al 70% rotulado con datos de campo. Los imagos se sumergieron en acetona al 99% por 24 horas con la finalidad de conservar el color, según la técnica de Morse (1998). Para facilitar la identificación de náyades en futuras investigaciones se efectuó un catálogo fotográfico como complemento.

Para el montaje de la colección de referencia de los imagos del orden Odonata, se procedió a rotular un fragmento de cartulina (12.7 x 8.2cm) con los datos de campo. Luego los ejemplares imagos se introdujeron en sobres de papel celofán (15.3 x 8.5) con el fragmento de cartulina, los cuales se depositaron en cajas entomológicas con cubos de alcanfor.

Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas descritas por Borrór (1989), De Marmels (1993), Arango (1982), Paulson (1982), Cruz (1986), Westfall y Tennesen (1996) y Förster (1999). La identificación de los ejemplares fue confirmada por especialistas.

Técnica complementaria y cría de náyades para su identificación

Algunas de las náyades capturadas en cualquier instar de desarrollo se destinaron a la cría en acuarios de 100 cm³, los cuales se acondicionaron con agua en reposo por un periodo de 24 horas y pequeñas macrófitas. En cada recipiente se colocó un individuo para evitar que se depredaran. Para permitir el ascenso y salida del último instar, en cada recipiente se colocaron ramas pequeñas. Las náyades se alimentaron con alimento vivo, principalmente *Tubifex sp* (Anélida). Para evitar que los adultos se escaparan se usaron toldos que cubrían los recipientes. Se obtuvieron así adultos que facilitaron la identificación de las náyades mediante la técnica de asociación náyade - imago. El montaje de la cría de náyades se

mantuvo hasta que se realizará la emergencia al estado adulto, por un periodo que varió de una semana a tres meses aproximadamente.

Análisis de los datos.

Los valores obtenidos de cada variable se sometieron a un análisis estadístico descriptivo. Se realizaron diagramas de cajas con cada variable físico, química y microbiológica con el fin de mirar la simetría de la distribución de los datos.

Se estableció el estado trófico de los humedales según las concentraciones de fosforo total propuesta por Vollenweider (1968) en Esteves (1998), de Nitrato por Esteves (1998), de transparencia por Toledo *et al* (1983) y de coliformes totales por la Organización Mundial de la Salud -OMS- (1978). Debido a la fluctuación de los valores que clasificaba a los humedales en varios estados tróficos se realizaron figuras de distribución de frecuencias con las variables de nitrato, fosforo y transparencia.

Se realizaron análisis de componentes principales (ACP) y análisis de correspondencia canónica (ACC) con las abundancias de las náyades y con las variables físicas, químicas y microbiológicas con datos completos en todos los puntos de muestreo y se sometieron a transformaciones logarítmicas, con excepción del pH.

El ACP se realizó para explicar la variabilidad de los datos con matriz de correlaciones y se generaron gráficos con escala eigenval.

El ACC se aplicó para estimar posibles patrones o tendencias en la estructura de la comunidad en su variación espacial o temporal y para determinar la asociación de la estructura de náyades con la variación de factores físicos y químicos.

Para el análisis de datos se utilizaron los programas STATGRAPHICS y PAST.

RESULTADOS

Distribución de las náyades

Se colectaron 392 individuos correspondientes a las especies *Enallagma civile*, *Rhionaeschna marchali*, *Ischnura cruzi* y *Mesamphiagrion laterale*.

En el humedal La Vaca se presentó un gradiente en la abundancia y riqueza, que aumenta desde el sitio de ingreso de agua (punto uno) hasta el sitio más distante (punto seis) en las especie *E. civile* y *I. cruzi* (Figura 3A). En el humedal Santa María del Lago (SMDL) se presentan náyades en todas los puntos de muestreos, aunque la especie *M. laterale* solo se

encontró en los puntos tres y cuatro ubicados en el espejo de agua, las abundancia total fue menor en el punto uno que corresponde a la entrada de gua al sistema y los otros puntos una abundancia similar (Figura 3B).

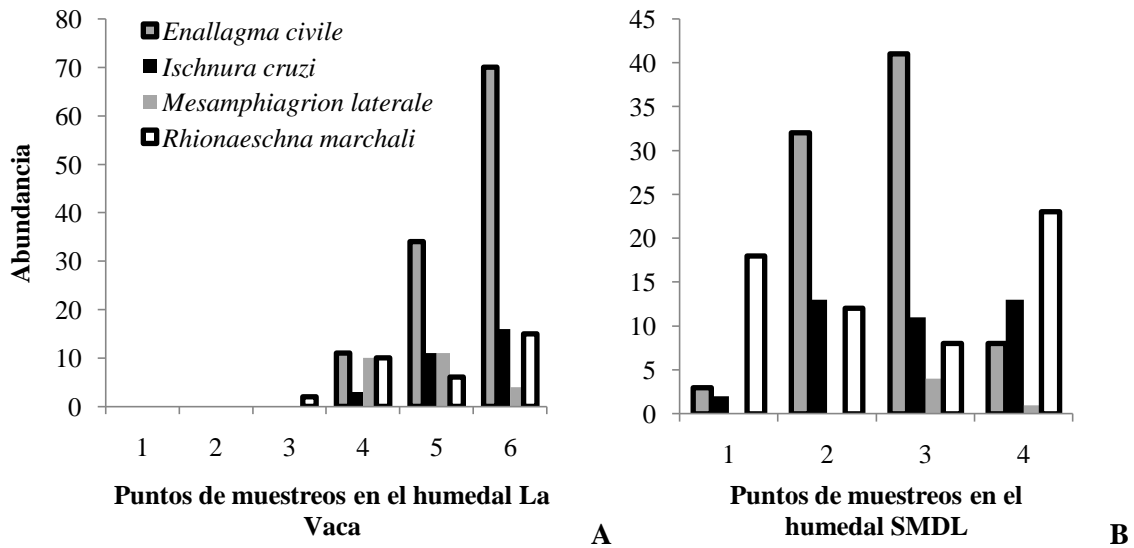


Figura 3. Abundancia acumulada de las náyades en los puntos muestreados. A. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del lago (SMDL).

Las especies presentaron abundancia diferente durante los meses muestreados. Este hecho permite distinguir asincronías en las especies y entre humedales. Las especies *E. civile*, *I. cruzi* y *R. marchali* se mantuvieron presentes en todos los muestreos; mientras que *M. laterale* presenta un registro puntual en los dos humedales (Figura 4).

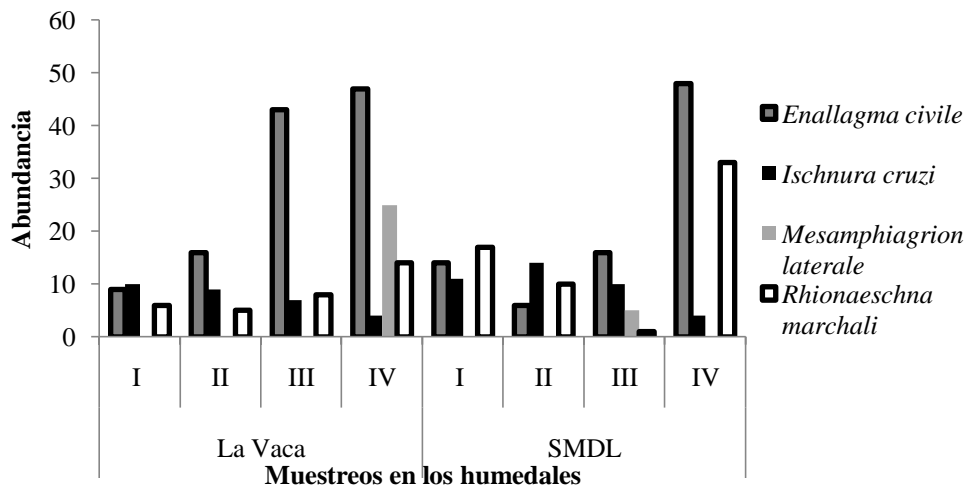


Figura 4. Abundancia acumulada en los cuatro meses muestreados en el humedal La Vaca y Santa María del Lago. I corresponde a agosto de 2009, II a octubre de 2009, III a enero de 2010 y IV a mayo de 2010.

Factores físicos, químicos y microbiológicos.

Se evaluaron 17 factores físicos, químicos y microbiológicos del agua en los humedales La Vaca y Santa María del Lago. Los factores se evaluaron en todos los puntos de muestreos, con excepción del factor de transparencia y carbono orgánico total que se realizaron solo en espejos de agua y el factor SAAM solo en los puntos de entradas y salidas.

A. Factores relacionados con sustancias orgánicas

Los valores de DQO frente a los de DBO_5 muestran que la concentración químicamente oxidable es mayor que la concentración de materia oxidable biológicamente con una relación de DQO/DBO_5 de 4 (Figura 5A-B).

El comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) indica que las concentraciones promedio son mayores en los vertimientos y que los promedios disminuyen significativamente a medida que se aleja, de 94 a 14 mg l^{-1} en el humedal La Vaca y de 135 a 5 mg l^{-1} en el humedal Santa María del Lago (Anexo 1-2).

El carbono orgánico total (COT) presenta fluctuaciones mayores en el humedal La Vaca y un valor promedio de 20 mg l^{-1} , mientras que el promedio del humedal Santa María el Lago corresponde a 17 mg l^{-1} . Los valores de los espejos de agua en los dos humedales indican que a mayor contenido de carbono orgánico más oxígeno se consume (Figura 5C).

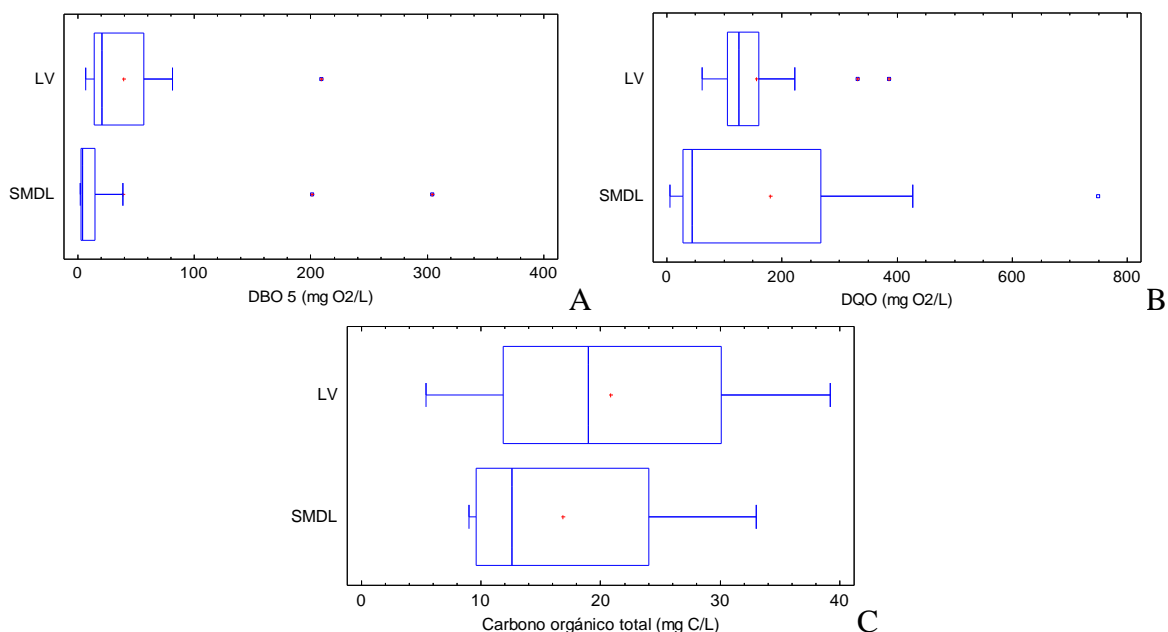


Figura 5. Factores químicos relacionados con la materia orgánica. A. Comparación de DBO_5 , B. Comparación de DQO y C. Comparación del carbono orgánico total en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

B. Factores relacionados con minerales y equilibrio ácido base

Los valores promedio de conductividad corresponden a valores de cuerpos de agua influidos por escorrentías y aportes de agua (Figura 6A). Los valores de pH varían entre 7.3 y 9 en el humedal La Vaca y entre 6.8 y 8.9 en el humedal Santa María del Lago (Figura 6B). Las fluctuaciones encontradas corresponden a variaciones en cuerpos de aguas neotropicales de sistemas lenticos y la variación entre humedales podría estar asociada a el estado trófico (Roldan y Ramírez y 2008).

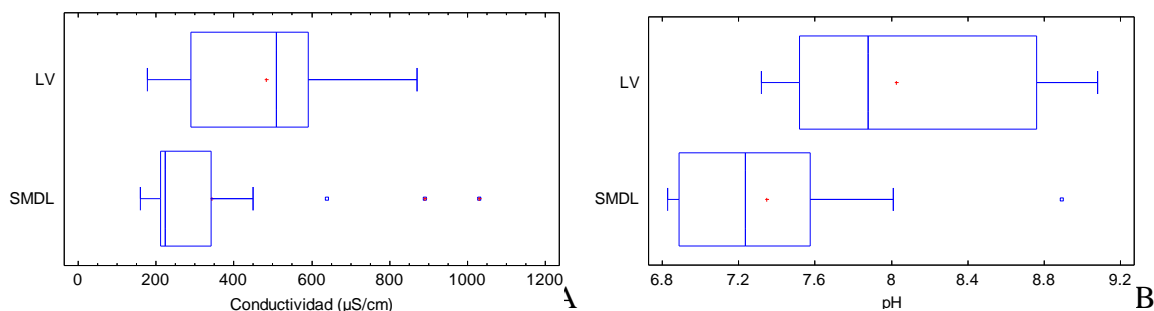


Figura 6. Factor relacionado con los minerales y equilibrio ácido base. A. Comparación de conductividad. B. Comparación del pH en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

C. Factores relacionados con los nutrientes

Según la clasificación de Vollenweider (1968) en Esteves (1998) los valores promedio de fósforo total en los dos humedales corresponde a cuerpos de agua de tipo ultraoligotrófico. En los puntos uno y dos del humedal La Vaca los valores por encima de cinco corresponden a estado oligomesotrófico y concuerda con la ausencia de náyades; en el punto uno del humedal Santa María del Lago que también presenta concentraciones de fósforo por encima de 5 donde la abundancia de náyades fue escasa con relación a los demás puntos de muestreo (Figura 7A-8, Anexo 1-2).

La fuente principal de fósforo soluble o inorgánico son generalmente las descargas de aguas residuales o domésticas. En la figura 7B se puede observar que las mayores concentraciones y fluctuaciones corresponden al humedal La Vaca. Las concentraciones se disminuyen gradualmente en los puntos más distantes de los vertimientos (Anexo 1-2).

El valor promedio de Nitrato en el humedal La Vaca de 0.53 y el del humedal Santa María del Lago de 0.2 corresponde a cuerpos de agua de tipo oligotrófico según la clasificación de Esteves (1998); sin embargo en el humedal La Vaca algunos valores máximos por encima de 1 corresponden a cuerpos de agua de tipo mesotrófico (Figura 7C-8B).

En el humedal La Vaca se aprecian las cargas contaminantes más altas de las concentraciones de NKT o nitrógeno total Kjeldahl (Figura 7D), sin embargo se aprecia que en los dos humedales la tasa de remoción del efluente a los otros puntos fue alta (Anexos 1-

2). Este parámetro representa la suma de nitrógeno orgánico e ión amonio y generalmente se asocia con la demanda de oxígeno que realizan las especies.

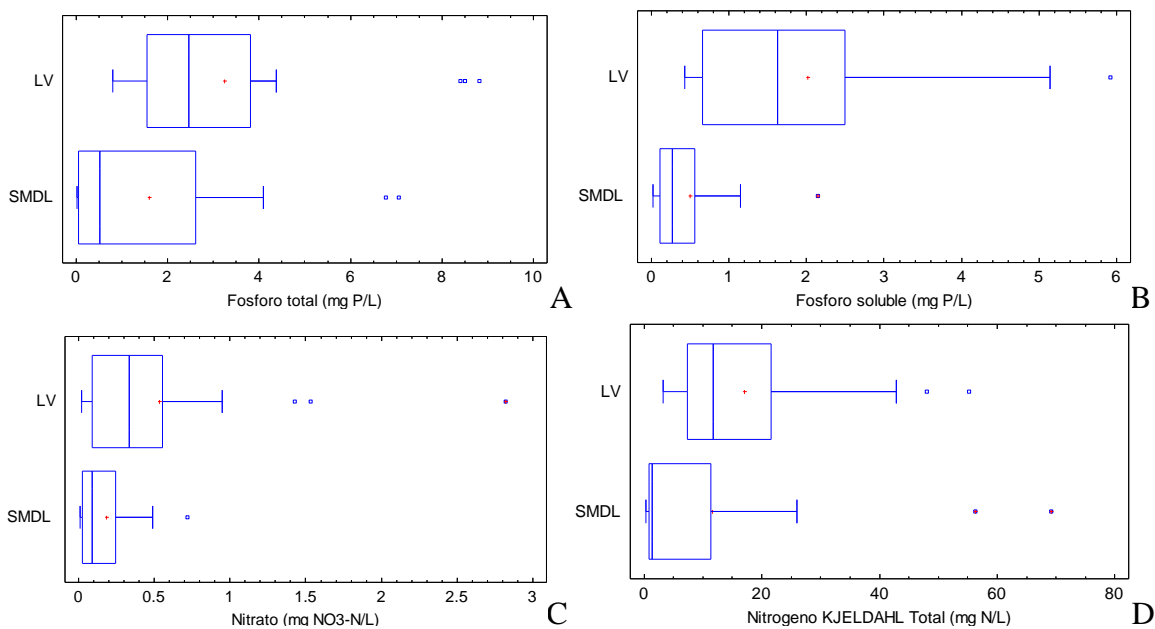


Figura 7. Factores químicos relacionados con los nutrientes. A. Comparación de fosforo soluble, B. Comparación de fosforo total, C. Comparación de nitrato y D. Comparación de Nitrógeno Kjeldahl total en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

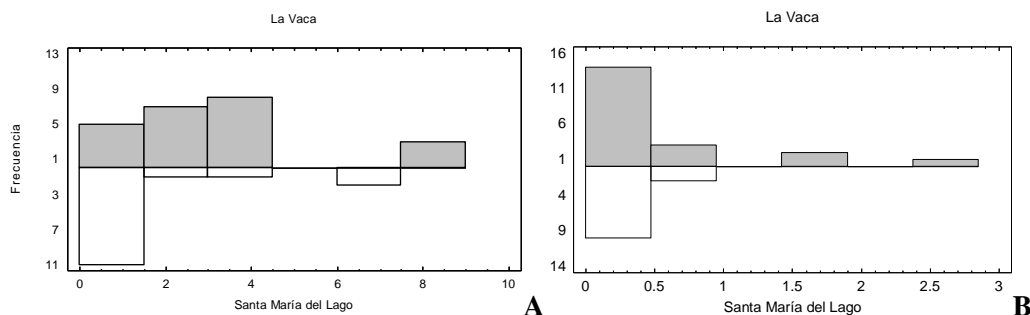


Figura 8. Distribución de frecuencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago de A. Fosforo total. B. Nitrato

D. Factores relacionado con los contaminantes orgánicos

Los fenoles, definidos como hidroxiderivados del benceno y sus núcleos condensados, pueden estar presentes en las aguas residuales domésticas e industriales. Se utilizan en los desinfectantes, biocidas, conservantes, colorantes, en la fabricación de resinas, plásticos, insecticidas, explosivos, colorantes y detergentes. Los promedios de fenoles totales en los humedales son similares, pero la mayor variación se presentó en el humedal Santa María del Lago (0.28 ± 0.48) dado que un valor se incrementó en el punto de salida en el cuarto

muestreo (Figura 9A). Se observó remoción de fenoles en los humedales en los puntos distantes al aporte de agua y en la salida de agua (Anexo 1-2).

Las concentraciones SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) son sustancias que contienen los detergentes y es un factor determinante del grado de contaminación del agua. Las variaciones del humedal La Vaca son de 0.17 ± 2.9 y del humedal Santa María del Lago de 0.08 ± 0.8 (Figura 9B). Aun cuando las concentraciones de los aportes son mayores en el humedal La Vaca se observa la eficiencia del humedal construido en la disminución del efluente en un 96%, mientras que la disminución del humedal Santa María el Lago fue del 86% (Anexo 1-2).

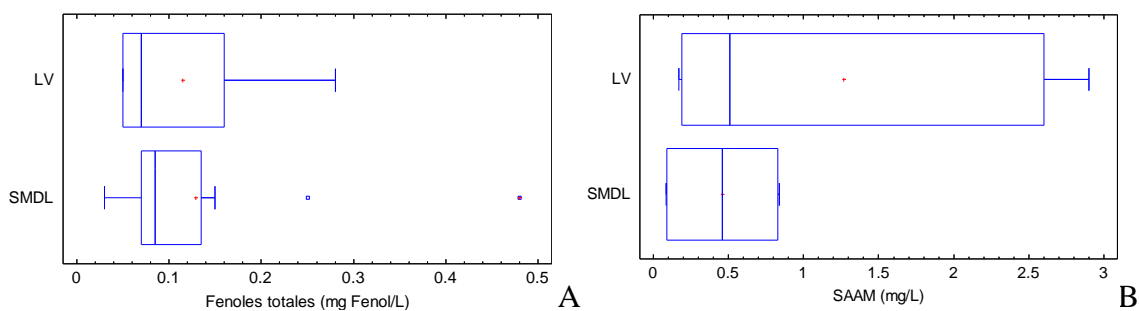


Figura 9. Factores químicos relacionados con los contaminantes. A. Comparación de fenoles totales y B. Comparación de SAAM en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

E. Factores relacionados con el transporte de sólidos.

Las mayores variaciones de SST y sólidos sedimentales se presentaron en el humedal La Vaca (Figura 10A-B). En la salida de agua del sistema los promedios de las concentraciones de SST disminuyen el 61% en el humedal La Vaca y el 94% en el humedal Santa María del Lago (Anexo 1-2).

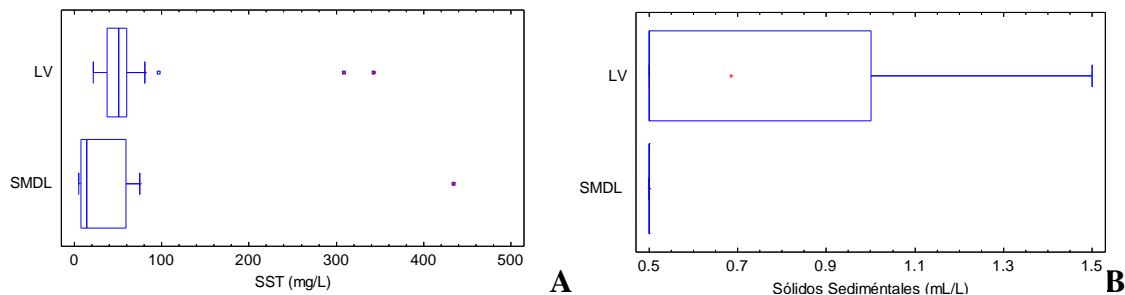


Figura 10. Factores físicos relacionados con el transporte de sólidos. A. Comparación de SST y B. Comparación de Sólidos sedimentales en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

F. Factores relacionados con variables físicas.

Según el índice de estado trófico propuesto por Toledo *et al* (1983) en cuerpos de agua lenticos, el valor promedio y el rango de variación de la transparencia del humedal La Vaca

corresponde a un humedal eutrófico. El mismo índice muestra que el valor promedio de transparencia en el humedal Santa María del Lago corresponde a un estado mesotrófico, pero con rangos de variabilidad mayor a 1.60 m que corresponde a estado oligotrófico y menor a 0.80 m que corresponde a un estado eutrófico (Figura 11A-12).

La igualdad de los promedios y la similitud en el coeficiente de variación de temperatura en los dos humedales es consistente con las diferencias reducidas de temperatura que se dan en los embalses y lagos tropicales y subtropicales (Roldán y Ramírez 2008) (Figura 11B).

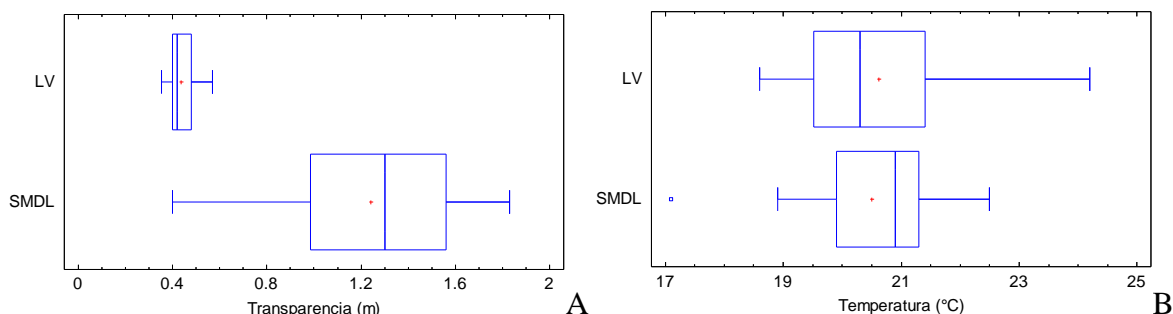


Figura 11. Factores físicos relacionados con las variables físicas. A. Comparación de la temperatura y B. Comparación de la transparencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

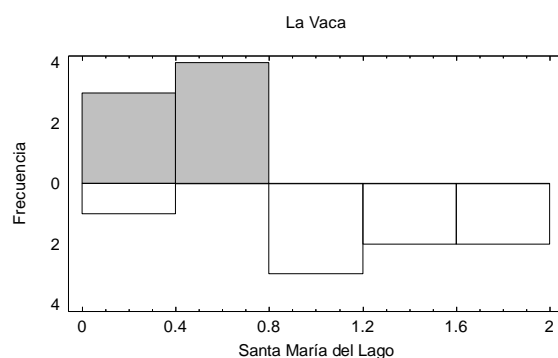


Figura 12. Distribución de frecuencia de la transparencia en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

G. Factores relacionados con variables microbiológicas.

Según los criterios utilizados por la Organización Mundial de la Salud -OMS- (1978) los valores promedios de coliformes totales en los humedales La Vaca y Santa María del Lago corresponden a aguas tipo IV; en los cuales la contaminación es extrema y hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales (Figura 13A). En los dos humedales se observó que las mayores concentraciones de coliformes totales se presentaron en los vertimientos y que disminuía a medida que se alejaba del punto uno. Los valores promedios por debajo de 50000 en el punto dos, tres y cuatro del humedal Santa María del

Lago indican que la calidad bacteriológica del agua se podría mejorar con tratamientos activos (Roldán y Ramírez 2008) (Anexo 1-2).

Se observan altos índices de contaminación bacteriológica de *E. coli* en toda la extensión del humedal la Vaca y en el efluente del humedal Santa María del Lago, sin embargo la variabilidad agregada es significativa en los dos humedales, en la cual los valores disminuyen gradualmente hacia los puntos de vertimiento (Anexo 1-2) (Figura 13B). Según el decreto (1594 de 1984) el efluente del humedal Santa María del Lago podría ser usado para fines recreativos.

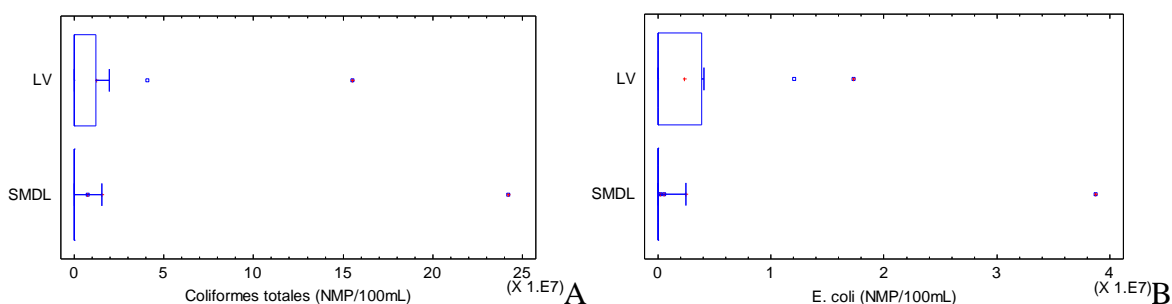


Figura 13. Factores microbiológicos. A. Comparación de *E. coli* y B. Comparación de coliformes totales en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

El análisis de componentes principales de los factores físico-químicos a través de la matriz de correlación indicó que los dos primeros ejes explican el 82% de la variación. Las correlaciones de todas las variables en el componente uno están por encima de 0.73, con excepción de la temperatura que está explicada en el componente dos con una correlación de 0.89 (Figura 14).

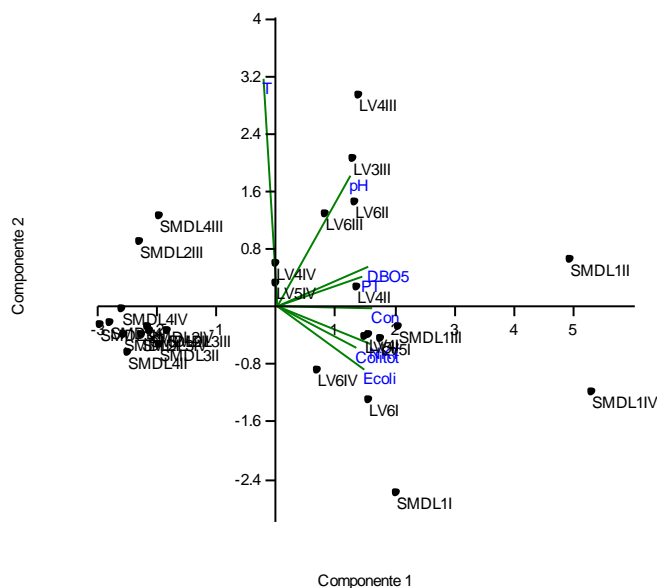


Figura 14. Análisis de componentes principales de los factores físicos y químicos.

El análisis de correspondencia canónica muestra que la carga de materia orgánica del agua y la contaminación bacteriológicas son factores asociados en relación a los aspectos biológicos de la comunidad, como la variación en la abundancia y distribución espacial de las náyades. Tres especies de los odonatos presentan abundancias diezadas donde las concentraciones de coliformes totales y de *E. coli* presentan los mayores valores. Sin embargo, las náyades de *R. marchali* presentan la mayor tolerancia a la contaminación por vertimientos de aguas residuales domesticas. El comportamiento de la abundancia y distribución de las náyades de *M. laterale* es más complejo interpretar por su registro puntual y muy localizado en ambos humedales (Figura 15).

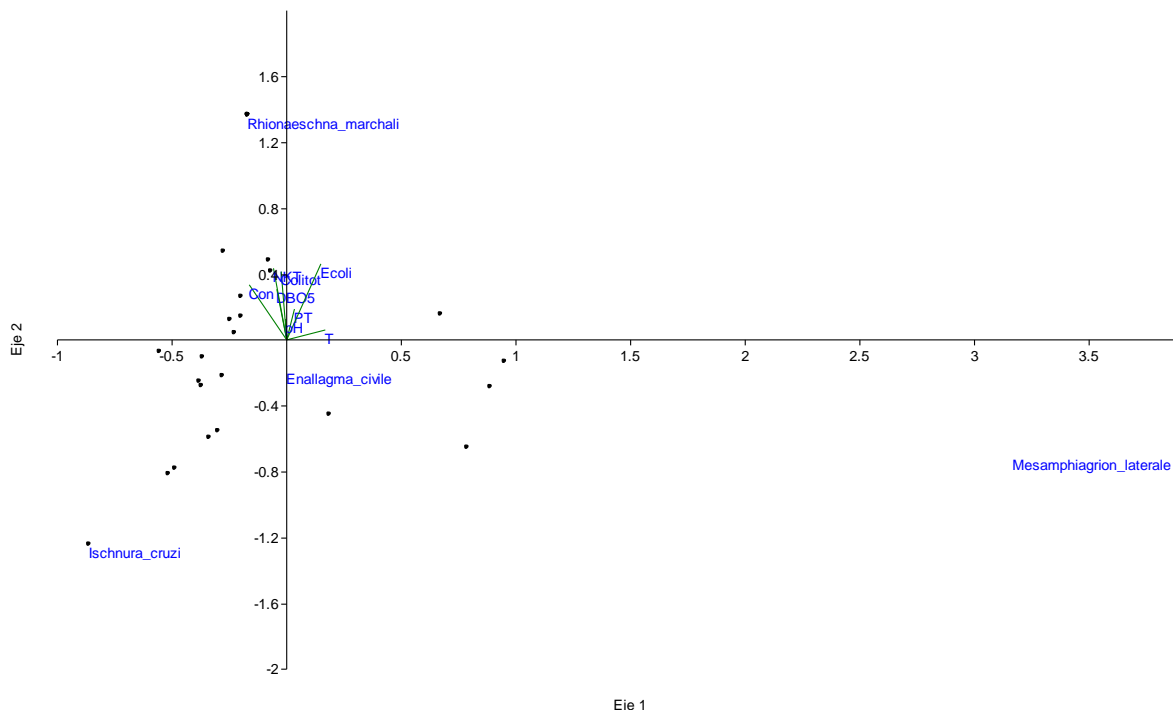


Figura 15. Análisis de correspondencia canónica. Se incluyen las especies, las variables ambientales y los sitios de muestreo (•).

DISCUSIÓN

Los resultados indican que los niveles de tolerancias de las especies a los cambios ecológicos y la variabilidad de la oferta trófica condicionada por los factores físicos, químicos y microbiológicos pueden desempeñar funciones en la abundancia y diversidad para que las especies de los odonatos en el sistema puedan estar presentes.

La distribución espacial de los odonatos en función de los parámetros bióticos y abióticos, mostraron que el estudio de la composición de náyades puede brindar información de las condiciones ecológicas del sistema en que habita. Algunos autores concuerdan que debido a

los requerimientos y preferencias que a nivel específico se observa en las náyades de odonatos en el hábitat, siempre será un indicador confiable de estabilidad, salud e integridad de un sistema dulceacuícola (Chovanec 1994, Corbet 1999).

Los cambios temporales en la abundancia de las especies podrían estar relacionados con el cambio en las concentraciones de sólidos, DBO₅, DQO, Nitrógeno, fenoles, SAAM, nutrientes y en los factores microbiológicos influenciados por las fluctuaciones de los aportes de los vertimientos o por la dilución que producen las precipitaciones. Crowley & Johnson (1982), estudiaron el patrón estacional global de la distribución de náyades y encontraron que el incremento de la comunidad coincidió con el aporte de detritos alóctonos.

Los cambios encontrados en las concentraciones de las variables en los puntos muestreados en los dos humedales y las relaciones directas con el incremento o disminución en la distribución de náyades, concuerda con el trabajo de Alonso (2004) quien encontró diferencias significativas entre localidades y tiempo cuando se involucraron las variables físicos-químicas, bióticas y estructurales.

La distribución de las náyades en relación con los factores físicos y químicos de los humedales La Vaca y Santa María del Lago son contrastantes con los resultados encontrados en las ciénagas de tierras bajas, como La Larga y San Juan de Tocagua en el departamento del Atlántico, posiblemente porque los aportes de materia orgánica en estas ciénagas son por vertimiento difusos de pequeños predios (Altamiranda *et al* 2007, Moreno *et al* 2008).

En la ciénaga San Juan de Tocagua se evaluó la relación entre los parámetros físico-químicos (Oxígeno disuelto, temperatura, pH, salinidad, transparencia) y la variación de la riqueza y abundancia de náyades. Se encontró que los factores físico-químicos, no presentaron relación con la variación espacial y temporal de la estructura de la comunidad de náyades. Demostrando que la estabilidad de los microhábitat y la oferta de alimento tienen un mayor influencia en la variación poblacional de las náyades registradas (Altamiranda *et al* 2007).

CONCLUSIONES

Las variables físicas, químicas y microbiológicas variaron de manera diferente en los humedales, sin embargo los dos se vieron afectados en los puntos de descargas de aguas residuales domésticas o industriales. En los dos humedales se obtuvieron valores de remoción de SST, DBO₅, DQO, Nitrógeno, fenoles, SAAM, nutrientes y en los factores microbiológicos; lo cual concordó con el incremento de náyades en los puntos distantes a los vertimientos.

En el humedal La Vaca no se encontraron náyades en los puntos uno y dos que corresponden a la zona de recepción de los vertimientos, además se encontró un gradiente con de la abundancia de náyades a los puntos más distante al vertimiento; lo cual evidencia que las náyades responden en la composición a las características físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua.

Los puntos ubicados posteriores al filtro natural que se construyó en el humedal La Vaca muestran que la calidad del agua mejora y se muestra una riqueza y abundancia de los odonatos agregada, lo cual ha permitido que las mismas especies que colonizan al humedal Santa María del Lago e incluso con abundancia similar se presentan en el humedal La Vaca.

En cuanto al estado trófico, el humedal La Vaca presenta un estado más contaminado que el humedal Santa María del Lago. Los puntos de muestreo del humedal Santa María del Lago muestran una variabilidad en la clasificación del estado tróficos, se podría confrontar el estado trófico del vertimiento con los demás puntos en los que las concentraciones son constantes; lo cual concuerda con la homogénea distribución de la abundancia de náyades en el los puntos dos, tres y cuatro del humedal Santa María del Lago.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, P. 2004. Ecología de las asociaciones de odonata en el área de influencia de las microcuencas afectadas por la presa Zimapán, Querétaro e Hidalgo, México. Tesis doctoral en ciencias. Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de ciencias naturales. 231 p.

ALTAMIRANDA, M. & L. C. GUTIÉRREZ. 2007. Composición y estructura de la odonatofauna presente en la ciénaga San Juan de Tocagua, Atlántico, Colombia. Tesis de grado Universidad del Atlántico. Facultad de ciencias básicas, programa de biología. 75 pp.

ARANGO, J. C. 1982. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, Vol. 12. Medellín- Antioquia. 91-100 p

ARNETT, R. H. 1985. American insects: a handbook of the insects of America north of Mexico. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 850 p.

BORROR, D. 1989. A Key to the world genera of Libellulidae (Odonata). *Annals Entomological Society of America*, XXXVIII: 174 -193 p.

CORBET, P.S. 1999. Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Comstock Publishing Associates. New York, USA. 829 p

CROWLEY, P. H. & D. M. JOHNSON. 1982. Habitat and seasonality as niche axes in an Odonate community. *Ecology* 63: 1064-1077

CRUZ, L. 1986. Contribución a los estudios taxonómicos de Odonata Zigoptera de Colombia: descripción de una nueva especie de *Cianallagma* (Odonata: Coenagrionidae). *Caldasia* 14(68/70): 743-74.

CHOVANEC, A. 1994. Libellen als Bioindikatoren. *Anax* 1: 1-19.

DECRETO 1594 DE 1984. Presidencia de la república de Colombia. Por el cual se reglamenta el Título 1 de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III- Libro II y el Título III de la parte III – Libro I- del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a Usos del Agua y Residuos Líquidos.

DE MARMELS, J. 1993. Los géneros venezolanos de la familia Aeshnidae (Insecta: Odonata). Trabajo de ascenso. Universidad central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay.

DOMMANGET, J.L. 1998. Les libellules et leurs habitats. Eléments de gestion et restauration. *Société Française d`Odonatologie*, 20 p.

ESTEVEZ, F.A. 1998. Fundamentos de limnología. Interciencia. 2ª ed., Rio de Janeiro, 602p.

FÖRSTER, S. 1999. The dragonflies of Central America exclusive of Mexico and the West Indies: A guide to their identification. Braunschweig, G. Rehfeldt. 141 p.

GONZÁLEZ, E. Y R. NOVELO. 1996. Odonata. En: Llorente, J., A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento. Conabio/UNAM. México.

MORENO, M.I., M.I., LOBO, L.C., GUTIERREZ y L.A., PERÉZ. 2008. Evaluación de la asociación del ensamblaje de náyades de odonatos con las raíces de *Eichhornia crassipes* en la ciénaga La Larga, municipio de Palmar de Varela (departamento del Atlántico-Colombia). Tesis de grado Universidad del Atlántico. Facultad de ciencias básicas, programa de biología. 50 pp.

PAULSON D.R., 1982. Odonata. In aquatic biota of México, Central America and the West Indies. S.H. Hurlbert and Villalobos Figueroa (eds). San Diego University, San Diego California. Págs 249-277.

ROLDÁN, P. G. Y RAMÍREZ, R. J. J. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª edición, Editorial Universidad de Antioquia.

SECRETARIA DISTRITAL DE BOGOTÁ. 2008. Protocolo de recuperación y rehabilitación.

TOLEDO AP, TALARICO M, CHINEZ SJ, AGUDO E. 1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. XIX Congresso Interamericano de Engenharia e ambiental. Camboriú.

WESTFALL, M. J. & K. J. TENNESSEN. 1996. Odonata: 164-211. En: Merrit, R. y K. Cummins (Eds.). An introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company: 3ª edition.

ANEXOS

Anexo 1. Factores Físicos, químicos y microbiológicos del humedal La Vaca.

Factores	Puntos de muestreos en el humedal La Vaca																	
	1			2			3			4			5			6		
	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}
Físico																		
Caudal	0,127	27,382	13,127													2,1414	12,808	6,968
Transparencia										0,355	0,48	0,413	0,4	0,57	0,46			
Sólidos Sedimentales	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,16	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1	1
SST	51	343	127	34	309	112	29	56	43,33	60	60	60	38	38	38	22	97	49,25
Temperatura	19,52	21,3	20,28	19	22,4	21,105	18,62	23,6	20,52	19,6	24,2	21,275	18,6	20,8	19,8	18,88	22	20,57
Químico																		
Carbono orgánico total							14,8	14,8	14,8	9,9	39,2	21,525	5,4	36,9	21,86			
Conductividad	179	870	569,75	286	820	550,05	284	521	428,75	275	592	444,25	274	594	462	289	564	438,25
DBO 5	28	209	94	30	60	43,25	11	57	33,5	8	81	30,25	7	21	14,66	11	17	14,25
DQO	109	386	238,75	125	222	162	104	124	116,66							61	152	96,5
Fenoles totales	0,24	0,28	0,26	0,1	0,16	0,13	0,05	0,07	0,06				0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06
Fosforo soluble	0,43	5,92	3,2125	0,53	4,6	2,4925	0,58	2,63	1,5625	0,66	2,43	1,465	0,64	2,4	1,64	0,58	2,5	1,6475
Fosforo total	1,19	8,82	4,99	1,9	8,5	4,1725	1,04	3,72	2,33	0,92	3,81	2,445	0,81	3,99	2,69	1,48	3,59	2,745
Nitrato	0,09	0,47	0,3266	0,09	0,95	0,3866	0,05	1,43	0,5575	0,32	1,53	0,736	0,04	0,48	0,29	0,02	2,82	0,81
Nitrogeno Kjeldahl total	7,3	55,2	33,05	11,7	42,8	26,9	5,4	18,3	12,025	3,5	15,1	8,275	3,2	16,7	9,833	7,2	17	10,85
pH	7,45	7,66	7,564	7,36	8,1	7,683	7,37	8,94	7,99	7,89	9,08	8,53	7,88	8,77	8,31	7,32	8,84	8,1375
SAAM	2,249	2,6	2,4245	0,509	2,9	1,7045	0,274	0,274	0,274							0,17	0,191	0,1805
Microbiológico																		
Coliformes totales	2613000	15531000	54711500	7270000	17329000	13040750	144000	11531000	5121750	7590	122000	56422	15650	169000	78790	17220	171000	118905
<i>E. Coli</i>	1162000	17329000	8657500	2247000	4106000	3583000	10000	2755000	1296500	179	9804	3703,2	1600	6867	4345	37	30000	10446,7

Anexo 2. Factores Físicos, químicos y microbiológicos del humedal Santa María del Lago.

	Puntos de muestreos en el humedal Santa María del Lago											
	1			2			3			4		
	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}
Físico												
Caudal	0,0062	0,394	0,1604									
Transparencia							1,2	1,83	1,5375	0,4	1,4	0,9425
Sólidos Sedimentales	0,5	0,5	0,5	0	0	0						
SST	17	434	142,5	5	12	8						
Temperatura	17,1	21,36	19,67	20	21,7	20,93	19,57	21,02	20,37	18,9	22,5	21
Químico												
Carbono orgánico total							9,1	33	16,75	9	32,4	16,875
Conductividad	450	1030	752	160	234	210	170	234	207,5	160	233	207
DBO 5	15	304	135,5	2	8	4,25	2	5	3,666	3	5	3,75
DQO	53	749	334,5	6	36	25						
Fenoles totales	0,05	0,48	0,225	0,03	0,15	0,085	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,085
Fosforo soluble	0,56	2,15	1,25	0,02	0,4	0,23	0,02	0,22	0,146	0,03	0,32	0,153
Fosforo total	2,61	7,06	5,135	0,03	0,61	0,2825	0,03	0,6	0,2625	0,06	0,84	0,4733
Nitrato	0,01	0,72	0,2525	0,01	0,23	0,11333	0,06	0,49	0,21	0,02	0,24	0,13
Nitrogeno Kjeldahl total	20,7	69,2	43,05	0,3	1,9	1,125	0,9	1,3	1,05	0,5	1,6	1,125
pH	7,77	8,89	8,14	6,86	7,22	7,065	6,87	7,34	7,0925	6,83	7,38	7,08
SAAM	0,82	0,841	0,830	0,088	0,099	0,093						
Microbiológico												
Coliformes totales	218000	241960000	62530240	1553	61310	24341,5	2420	46110	25812,25	2880	12360	5746,5
<i>E. Coli</i>	10000	38730000	9888740	10	100	58,25	7	310	105,25	1	100	54,5

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS NÁYADES EN LOS HUMEDALES LA VACA Y SANTA MARÍA DEL LAGO; BOGOTÁ, COLOMBIA.

RESUMEN.

Se ilustraron y describieron las náyades de odonatos de las especies *Enallagma civile*, *Ischnura cruzi*, *Mesamphiagrion laterale* y *Rhionaeschna marchali* encontradas en los humedales La Vaca y Santa María del Lago. La descripción se realiza a partir de las propuestas de los autores a cada especie y observaciones que se consideran llevan a una rápida determinación.

Palabras claves: *Enallagma civile*. *Ischnura cruzi*. *Mesamphiagrion laterale*. Náyades. Odonatos. *Rhionaeschna marchali*.

INTRODUCCIÓN

Según Dennis Paulson (2010) en Colombia hay 258 especies, distribuidas en 13 familias; de las cuales Coenagrionidae y Aeshnidae encontradas en los humedales La Vaca y Santa María del Lago cuentan con 66 y 20 especies respectivamente. El género *Enallagma* tiene reportado dos especies en Colombia y los géneros *Ischnura*, *Mesamphiagrion* y *Rhionaeschna* cuatro especies cada uno.

MÉTODOS

Se colectaron las náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago con una red modificada para toma de muestra flotante. La red posee un área de 0.25 m², la cual consiste en un marco metálico de 90cm, que está unido a una red cónica con un poro de 0.2 mm.

Se separaron morfológicamente 392 individuos de náyades. Se identificaron y describieron las especies con las propuestas taxonómicas de De Marmels (2007), Limongi, (1983) Pérez (2003) y Velásquez *et al* (2009). La identificación de los ejemplares fue confirmada por especialistas.

Algunas de las náyades capturadas en cualquier instar de desarrollo se destinaron a la cría y se obtuvieron así adultos que facilitaron la identificación de las náyades mediante la técnica de asociación náyade - imago.

RESULTADOS

Enallagma civile (Hagen 1861)

Cabeza casi el doble de ancha que larga, notablemente más ancha que el resto del cuerpo. Antena con seis segmentos. Prementón triangular con 7 a 9 sedas y 4 sedas mentonianas a cada lado. Palpo labial con seis sedas (Figura 1 A-D). Abdomen cilíndrico con una línea oscura media dorsal. Las lamelas lanceoladas y en la mitad se resalta una pigmentación.

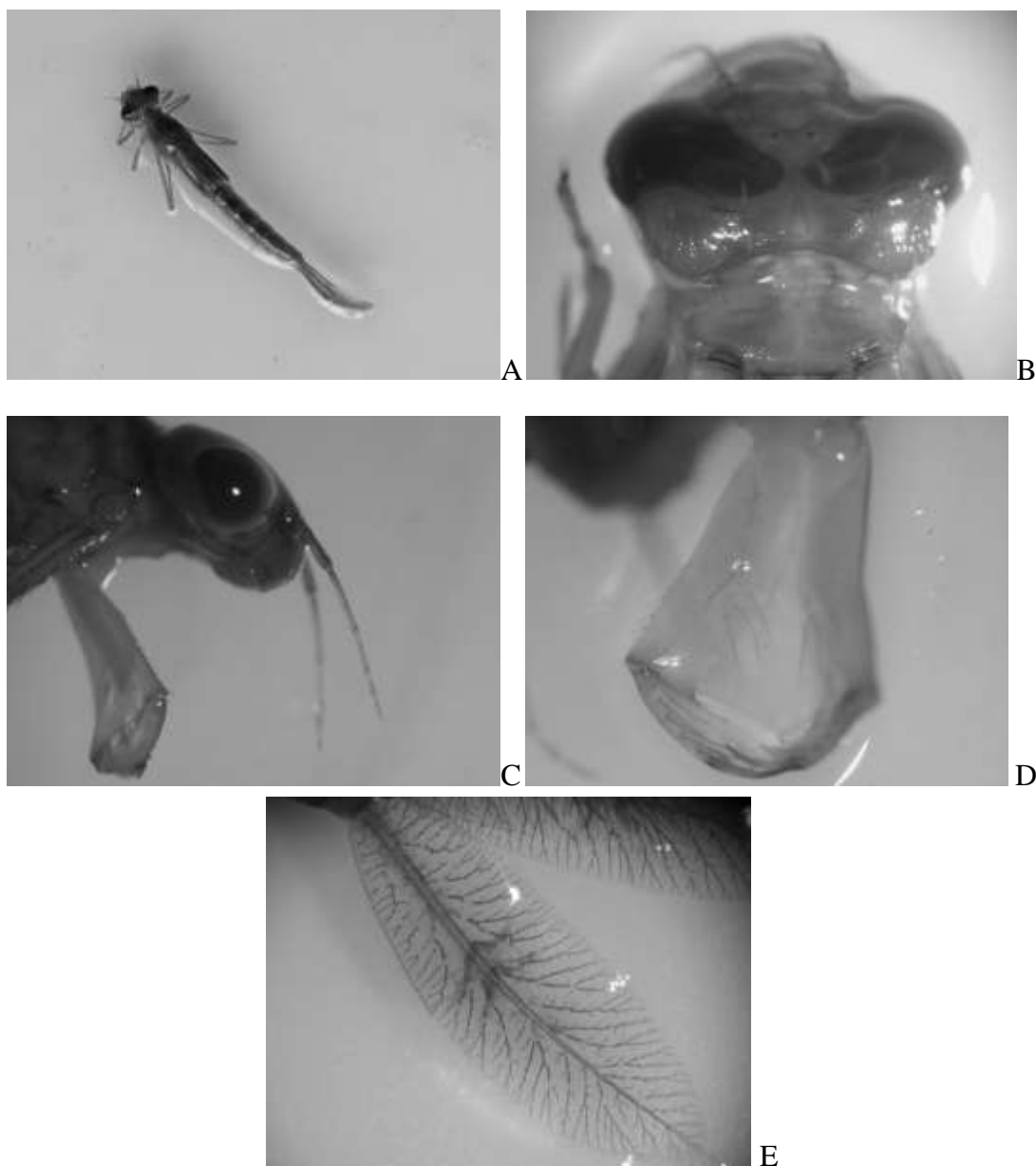


Figura 1. *Enallagma civile*. A. Morfología externa. B. Cabeza. C. Antena. D. Prementón y palpo labial. E. Lamela.

***Ischnura cruzi* De Marmels 1987**

Cabeza amplia a través de los ojos. Antena de siete segmentos y los dos primeros están pigmentadas. Prementón triangular 0.67 veces más ancho que largo, al cada lado tiene 8 espiniculas cortas y cuenta con cuatro sedas mentonianas a cada lado. Palpo labial con cinco sedas (Figura 2 A-D). Abdomen cilíndrico, largo y delgado (Figura 2 A). Las lamelas son lanceoladas y terminación larga y acuminada, son largas con relación al cuerpo (Figura 2 E).

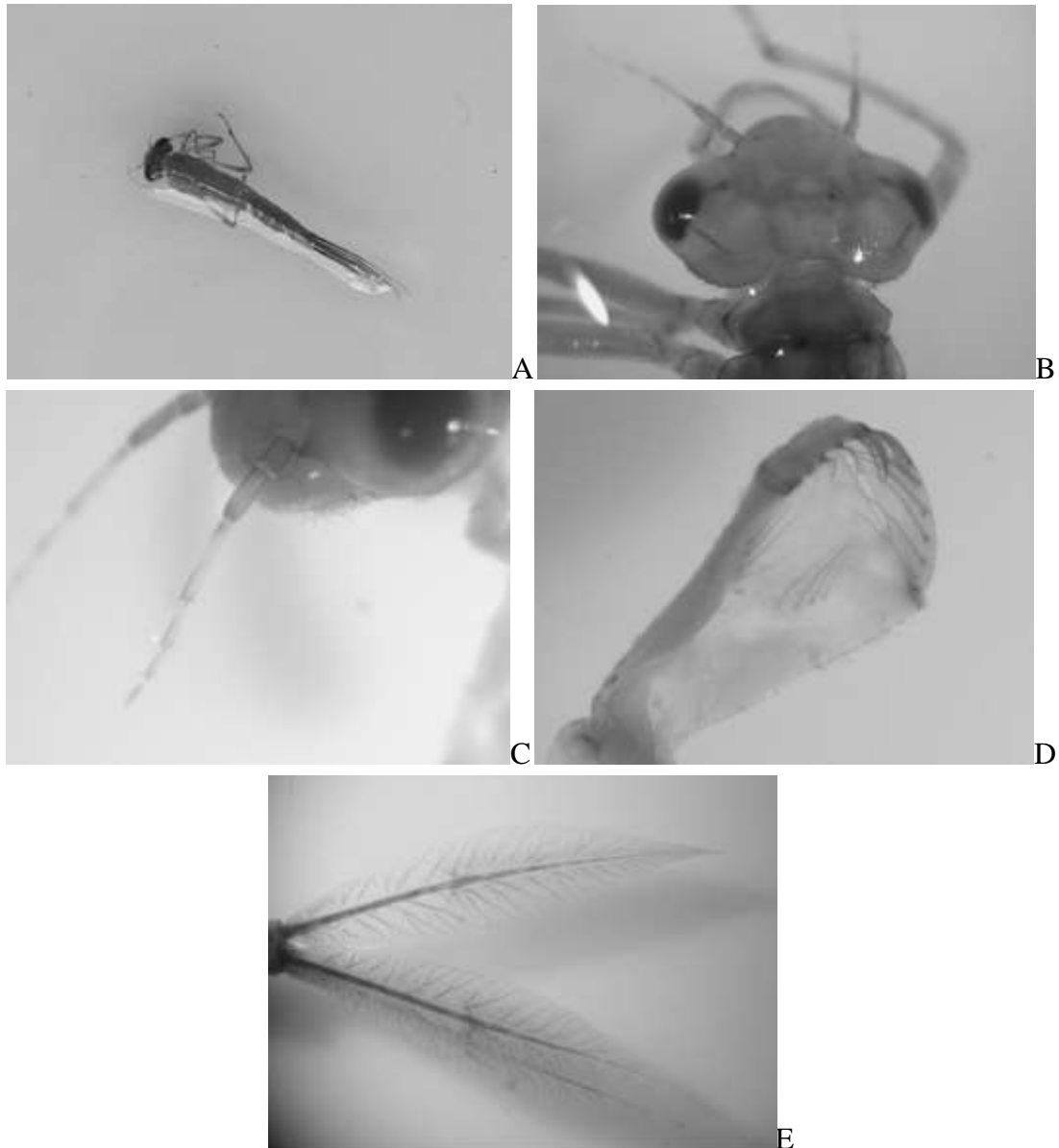


Figura 2. *Ischnura cruzi*. A. Morfología externa. B. Cabeza. C. Antena. D. Prementón y palpo labial. E. Lamela.

***Mesamphiagrion laterale* (Selys 1876)**

Cabeza con ocelos pálidos y puntos adicionales. Antena con siete segmentos. Prementón con tres a cuatro sedas mentonianas a cada lado. Palpo labial con seis sedas (Figura 3 A-D). Abdomen con bandas oscuras dorsales longitudinales separadas entre sí por una línea medio palida (Figura 3 A). Las lamelas son ampliamente lanceoladas y terminación larga y terminan en una punta más o menos desarrollada (Figura 3 E).

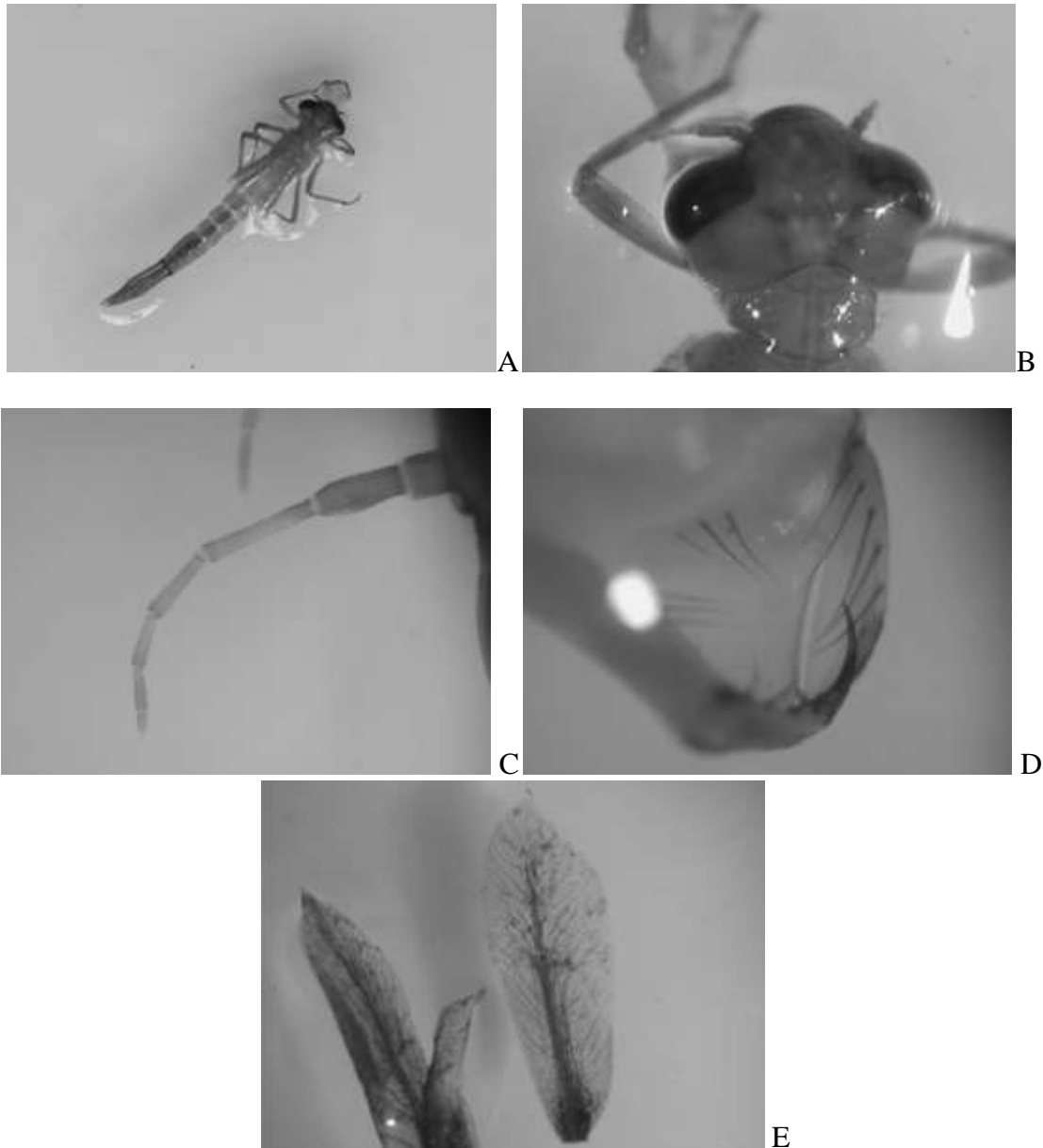


Figura 3. *Mesamphiagrion laterale*. A. Morfología externa. B. Cabeza. C. Antena. D. Prementón y palpo labial. E. Lamela.

***Rhionaeschna marchali* (Rambur 1842)**

Cabeza algo más ancha que larga; ojos grandes ovalados, margen occipital ligeramente cóncavo; lóbulo cefálico parcialmente granulado; antena simple con de siete segmentos. El palpo presenta, en su cara bucal, un grupo de setillas cortas y en la parte dorsal del gancho móvil, también se observa una fila de sedas. (Figura 4 A-D). Abdomen largo, los segmentos VII, VIII y IX están provistos de espinas laterales, se observa una franja longitudinal oscura en la región central del dorso, por el centro de esta franja pasa una línea clara (Figura 4 A). Los cercos difieren en tamaño en el macho y en la hembra (Figura 4 E).

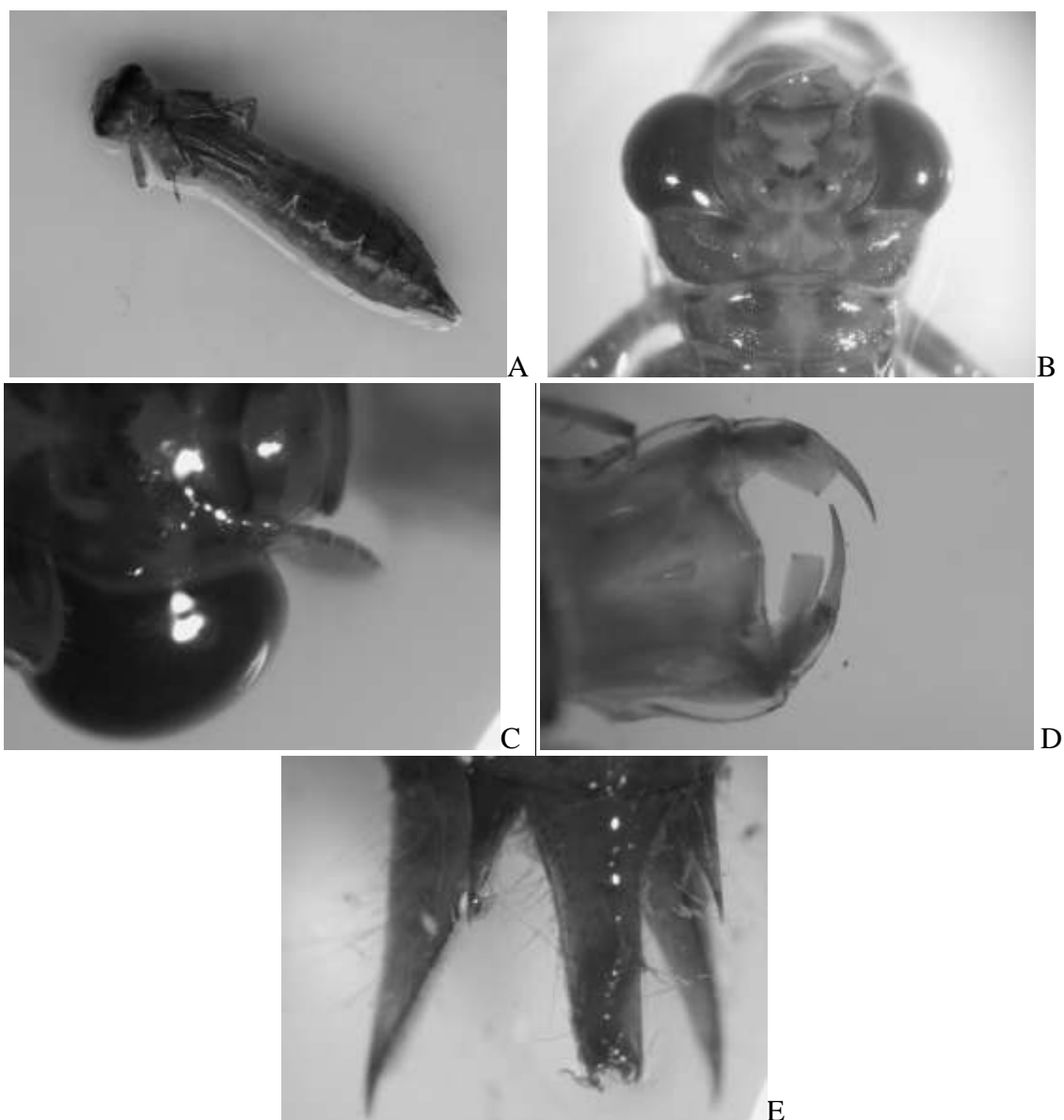


Figura 4. *Rhionaeschna marchali*. A. Morfología externa. B. Cabeza. C. Antena. D. Prementón y palpo labial. E. Cercos.

BIBLIOGRAFÍA

DE MARMELS, J. 2007. Thirteen new Zygoptera larvae from Venezuela (Calopterygidae, Polythoridae, Pseudostigmatidae, Platystictidae, Protoneuridae, Coenagrionidae). *Odonatologica* 36(1):27-51.

LIMONGI, J.E., 1983. Estudio morfo-taxonómico de náyades en algunas especies de Odonata (Insecta) en Venezuela. *Memorias de la Sociedad de ciencias naturales 'La Salle'* 119: 95-117.

PAULSON, D.R. 2010. List of the Odonata of South America. Updated october 2010. Extraído de <http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/south-american-odonata/> el 9 de noviembre de 2010.

PEREZ, L.A. 2003. Estudio biotaxonómico de los odonatos (Insecta: Odonata Fabricius 1973) del Distrito de Santa Marta (Magdalena-Colombia). Tesis de pregrado. Universidad del Magdalena. Santa Marta. Colombia.

VELÁSQUEZ, N., BAUTISTA, K., GUEVARA, M., RAMIREZ, D., REALPE, E. & PÉREZ-GUTIÉRREZ, L.A. 2009. Larval development and growth ratio in *Ischnura cruzi* de Marmels, with description of last larval instar (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 38(1): 29-38.