

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

### Spatial and Temporal Distribution of Dragonflies Naiads in Wetlands La Vaca and Santa María del Lago, Bogotá, Colombia

MARÍA INÉS MORENO PALLARES<sup>1</sup>, M.Sc.; GABRIEL HERNANDO GUILLOT MONROY<sup>1</sup>, Biólogo.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Colombia.

Autor para correspondencia: carrera 30 # 45-03, Bogotá-Colombia.

Edificio 421, oficina 205, extensión 11319, mimorenop@unal.edu.co.

ghguillotm@unal.edu.co

Presentado el 16 de junio de 2011, aceptado el 1 de noviembre de 2011, correcciones el 4 de julio de 2012.

#### RESUMEN

Se evaluaron 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. Mediante técnicas estandarizadas de recolección de macroinvertebrados, se realizaron cuatro muestreos en cada humedal a lo largo de un año en puntos a la entrada y salida y en el espejo de agua de los humedales. Se encontró un gradiente en la distribución de la abundancia de las náyades en ambos humedales, según el cual la comunidad presenta mayor número de ejemplares en los puntos de muestreos que se ubican espacialmente a mayores distancias de los sitios de vertimientos. Al comparar la composición entre los humedales La Vaca y Santa María del Lago mediante la evaluación de la diversidad beta, se encontró heterogeneidad de las comunidades de ambos ecosistemas. El gradiente en la distribución de la abundancia de las náyades observado en ambos humedales se ajusta a una respuesta de las especies en términos de tolerancia a las variables ambientales.

**Palabras clave:** distribución espacial y temporal, humedales, libélulas, náyade, Odonata.

#### ABSTRACT

We evaluated the spatial and temporal variation in communities of dragonfly's naiads and their association to the habitat rehabilitation status in LaVaca and Santa María del Lagowetlands. Four samplings were carried out in several sites of each during a year. Macroinvertebrates were collected at the entry and exit flow, and in open waters of the wetlands using standard techniques. We found a gradient in the distribution of the abundance of nymphs in both wetlands, where naiads community had the highest number of individuals in the places located farther from the dumping sites. Comparing the community's composition between wetlands La Vaca and Santa María del Lago

through the beta diversity, heterogeneity was found in both ecosystems. The gradient in the distribution of the abundance of naiads observed in both wetlands fits with to a response of the species in terms of tolerance to the environmental variables.

**Key Words:** Drangonfly, naiads, Odonata, spatial and temporal distribution, wetlands.

## 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 desde un punto de vista ecológico, que 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 se considera el principal parámetro que puede medir de manera directa o indirecta el impacto provocado por las actividades humanas dentro de un ecosistema (Halffter y Ezcurra, 1992). La Secretaría Distrital de Ambiente de la Ciudad de Bogotá y la Empresa de 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 (Secretaría Distrital de Bogotá, 2008).

Los humedales urbanos de Bogotá son ecosistemas severamente degradados. Sin embargo, aún conservan algunos elementos de flora y fauna nativa, pero están amenazados. Esta biota es representativa de estos ecosistemas y de la sabana de Bogotá. Además los humedales ofrecen múltiples funciones y servicios ambientales a la ciudad. Para hacer una evaluación confiable de la diversidad de especies, es de gran importancia considerar la escala espacial y temporal en la que se va a trabajar, dado que los procesos que la direccionan cambian sensiblemente de acuerdo a este factor (Arellano y Halffter, 2003). 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. 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 permite evaluar el grado de recuperación de los ecosistemas estudiados?

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en los humedales urbanos La Vaca y Santa María del Lago. El humedal La Vaca se localiza 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, junto con los humedales de Tibanica, Techo y El Burro, conformando un cuerpo de agua que se denominaba “laguna el Tintal” (Secretaría Distrital de Bogotá, 2008). El humedal Santa María del Lago se ubica al noroccidente de la ciudad, en la localidad de Engativá (Fig. 1A). 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). Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua presentan rangos de variación entre los humedales La Vaca y Santa María del Lago; sin embargo, los niveles de variabilidad son mayores en los factores químicos y microbiológicos del humedal La Vaca (Tabla 1).

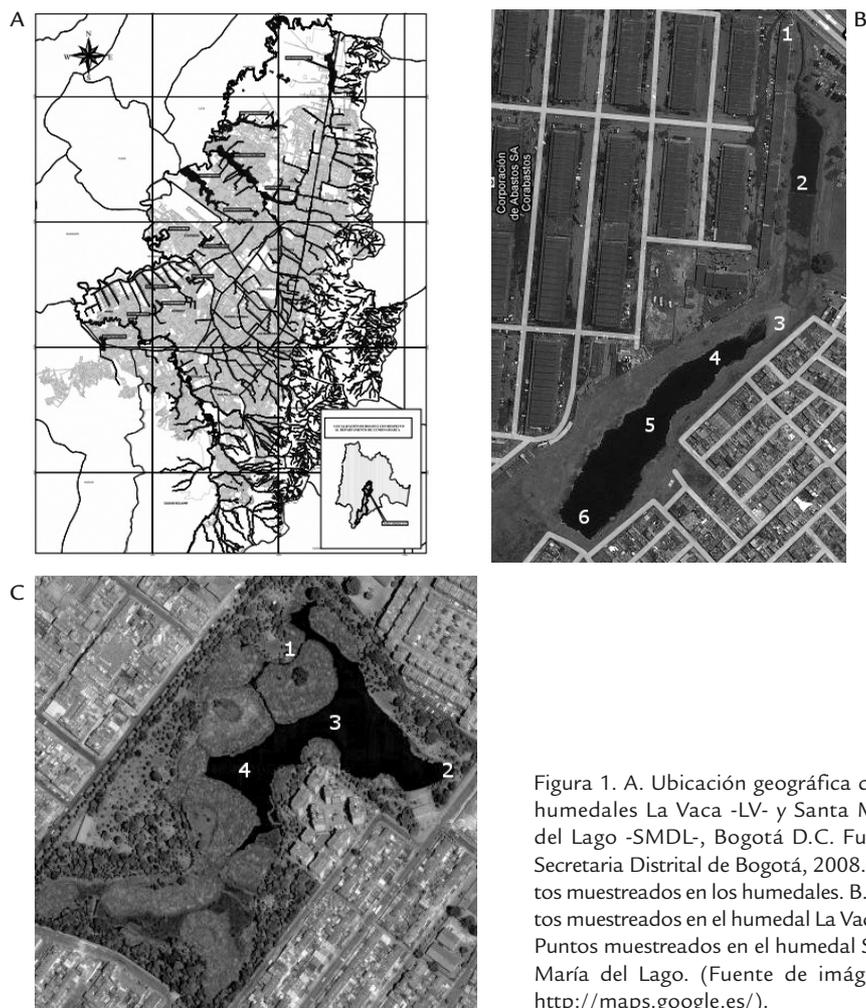


Figura 1. A. Ubicación geográfica de los humedales La Vaca -LV- y Santa María del Lago -SMDL-, Bogotá D.C. Fuente: Secretaría Distrital de Bogotá, 2008. Puntos muestreados en los humedales. B. Puntos muestreados en el humedal La Vaca. C. Puntos muestreados en el humedal Santa María del Lago. (Fuente de imágenes: <http://maps.google.es/>).

284 Artículo - Distribución espacial y temporal de náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Moreno, *et al.*

Factores	Min La Vaca	Max La vaca	Min SMDL	Max SMDL
<b>Físico</b>				
Transparencia (M)	0,41	0,46	0,94	1,53
Sólidos Sedimentales (mL/L)	0	1,5	0	0,5
SST (mg/L)	38	127	8	142,5
Temperatura (°C)	19,8	21,27	19,67	21
<b>Químico</b>				
Carbono orgánico total (mg C/L)	14,8	21,86	16,75	16,87
Conductividad (µS/cm)	428,75	569,75	207	752
DBO 5 (mg O <sub>2</sub> /L)	14,25	94 3,66	135,5	
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	96,5	238,75	25	334,5
Fenoles totales (mg Fenol/L)	0,05	0,26	0,07	0,22
Fósforo soluble (mg P/L)	1,46	3,21	0,23	1,25
Fósforo total (mg P/L)	2,33	4,99	0,26	5,13
Nitrato (mg NO <sub>3</sub> -N/L)	0,29	0,81	0,11	0,25
NitrogenoKjeldahl total (mg N/L)	8,27	33,05	1,05	43,05
pH (U)	7,56	8,53	7,06	8,14
SAAM (mg/L)	0.18	2,42	0,09	0,83
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes totales (NMP/100mL)	56422	54711500	5746	62530240
<i>E. Coli</i> (NMP/100mL)	3703	8657500	54	9888740

Tabla 1. Promedio de mínimos y máximos de los factores físicos, químicos y microbiológicos del humedal La Vaca y Santa María del Lago (SMDL).

#### 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, de la fragmentación, del relleno, de la adición de aguas residuales, de las basuras, de la desecación y la 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 con 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 de Acueducto de Bogotá iniciaron la ejecución de acciones de rehabilitación del humedal Santa María del Lago en el año 1999 y del 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. La obra de rehabilitación del humedal La Vaca incluyó la retención de residuos sólidos en el canal de entrada de agua, seguido de la depuración del agua con *Schoenoplectus californicus*.

### FASE DE CAMPO

Se realizaron cuatro muestreos a lo largo de los periodos secos y de lluvias en cada humedal. El muestreo I se realizó en agosto de 2009, el II el 30 de septiembre y el 1 de octubre de 2009, el III en enero de 2010 y el IV en mayo de 2010. Agosto y septiembre correspondieron a lluvias menores, enero a periodo seco y mayo a periodo de lluvia. En el humedal La Vaca se establecieron seis puntos de muestreo, ubicados en la entrada del humedal, la salida de la laguna de sedimentación, la salida del filtro biológico, la salida del humedal y en el cuerpo de agua. En el humedal Santa María del Lago se muestreó en cuatro puntos ubicados en la entrada y la salida de agua y en el espejo de agua (Fig. 1B; Tabla 2). Las náyades se colectaron en la vegetación asociada en cada uno de los puntos muestreados. Para generar los perfiles de distribución de las náyades, en cada lugar se tuvo en cuenta la composición de especies de macrófitas emergentes, los biotipos de la vegetación y la altura y profundidad de la columna de agua.

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"

Tabla 2. Coordenadas de los puntos muestreados en los humedales La Vaca y Santa María del Lago.

**Recolección 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, de área de 0,25 m<sup>2</sup>, consiste en un marco metálico de 90 cm 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 0,25 m<sup>2</sup> = 2,5 m<sup>2</sup>) como el área mínima indicada para trabajar en cada punto muestreado. Las náyades colectadas se introdujeron en viales entomológicos plásticos con alcohol a 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.

La captura de ejemplares de odonatos en fase de imagos se realizó con una red entomológica para 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 se guardaron en recipientes plásticos con cubos de alcanfor y naftalina.

### COMPONENTE CLIMATOLÓGICO

Los registros de precipitación del año muestreado se obtuvieron del 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 colectado en cada uno de los microhábitat se depositó en bandejas plásticas y se lavó con agua. Las náyades de odonatos se separaron con pinzas entomológicas y se depositaron en viales de vidrio con alcohol a 70 % rotulados con datos de campo. Los imagos se sumergieron en acetona a 99 % por 24 horas para conservar el color, según la técnica de Morón y Terrón, 1988. Para facilitar la identificación de náyades en futuras investigaciones se efectuó una guía de identificación (Moreno, 2011). Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves y descripciones realizadas por Arango, 1982; Paulson, 1982; Limongi, 1983; Cruz, 1986; Borrer, 1989; De Marmels, 1993; Förster, 1999; Pérez, 2003; De Marmels, 2007 y Velásquez *et al.*, 2009. La identificación de los ejemplares fue confirmada por un especialista<sup>1</sup>.

### 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 cm<sup>3</sup>, los cuales se acondicionaron con agua en reposo mínimo de 24 horas y con pequeñas macrófitas. En cada recipiente se colocó un individuo para evitar la depredación. Para permitir el ascenso y salida del último instar, en cada recipiente se colocaron ramas pequeñas. Las náyades se alimentaron con alimento vivo, principalmente de *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 crianza de náyades se mantuvo hasta obtener su 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 análisis de comprobación de normalidad y homocedasticidad con test de prueba de Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov para determinar si se aplicaban pruebas paramétricas o no. Los datos se sometieron a análisis de Kruskal-Wallis para mostrar las diferencias significativas entre puntos y meses muestreados.

Se aplicó un análisis de similitud con el índice de Bray-Curtis, usando como técnica de agrupamiento el ligamiento promedio no ponderado (UPGMA), 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 estas en los puntos y meses muestreados. Se construyó una elipse de agrupación con un nivel de confianza de 95 %.

<sup>1</sup> Pérez-Gutiérrez LA. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

Para el análisis ecológico de algunos atributos estructurales de la comunidad se usaron índices de diversidad alfa de Shannon H y Equitatividad J, 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 CENTURION XV, PAST 2.15 y ESTIMATES 8.2.

## RESULTADOS

### DISTRIBUCIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LAS NÁYADES

En los dos humedales se colectaron 392 individuos correspondientes a las familias Coenagrionidae (298) y Aeshnidae (94). Se colectaron los géneros *Enallagma*, *Ischnura*, *Mesamphiagrion* y *Rhionaeschna*. *Enallagma civile* (Hagen, 1861) representó 51 % de la abundancia total (Tabla 3). Los imagos colectados en el área de estudio corresponden a las mismas especies encontradas en estado de náyade. Aunque la abundancia total de náyades en los humedales no presentó variación, sí hubo cambios en las abundancias de las náyades de cada especie. *E. civile* y *M. laterale* fueron particularmente más abundantes en el humedal La Vaca, mientras que *I. cruzi* y *R. marchali* predominaron en el humedal Santa María el Lago (Tabla 3).

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

Tabla 3. Valores totales de especies y abundancia de náyades en el humedal La Vaca y Santa María del Lago (SMDL).

En el humedal La Vaca se presentó un gradiente en la abundancia y riqueza de náyades, que aumentó desde el sitio de ingreso de agua que corresponden a la zona de recepción de los vertimientos industriales y domésticos, hasta el sitio más distante en las especie *E. civile* y *I. cruzi*. En el punto uno y dos solo 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 (Fig. 2A).

En el humedal Santa María del Lago se presentaron náyades en todos los puntos de muestreo, aunque *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. Las menores capturas ocurrieron en el punto uno, que corresponde a los vertimientos o entrada de agua en el humedal, con 23 individuos y en los puntos dos, tres y cuatro la abundancia fue de 57, 64 y 65 individuos respectivamente (Fig. 2B).

La abundancia fue significativamente diferente entre los puntos muestreados, tanto en el humedal La Vaca ( $H=5,46$ ,  $P: 0,01$ ), como en 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. Las macrófitas *Schoenoplectus californicus*, *Hydrocotyleranunculooides*, *Lemnaminor* sp., *Polygonum punctatum* fueron comunes en los dos humedales. En el humedal La Vaca estuvo ausente *Bidenslaevis* sp., *Myriophyllum* sp. y *Typha latifolia*; mientras que en el humedal Santa María del Lago no se encontró *Eichhornia crassipes*. *L. minor* se encontró asociada con *H. ranunculoides* en los dos humedales y adicionalmente con *E. crassipes* en el humedal La Vaca.

En el Humedal La Vaca *I. cruzi* se distribuyó 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. 2C). 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. 2D).

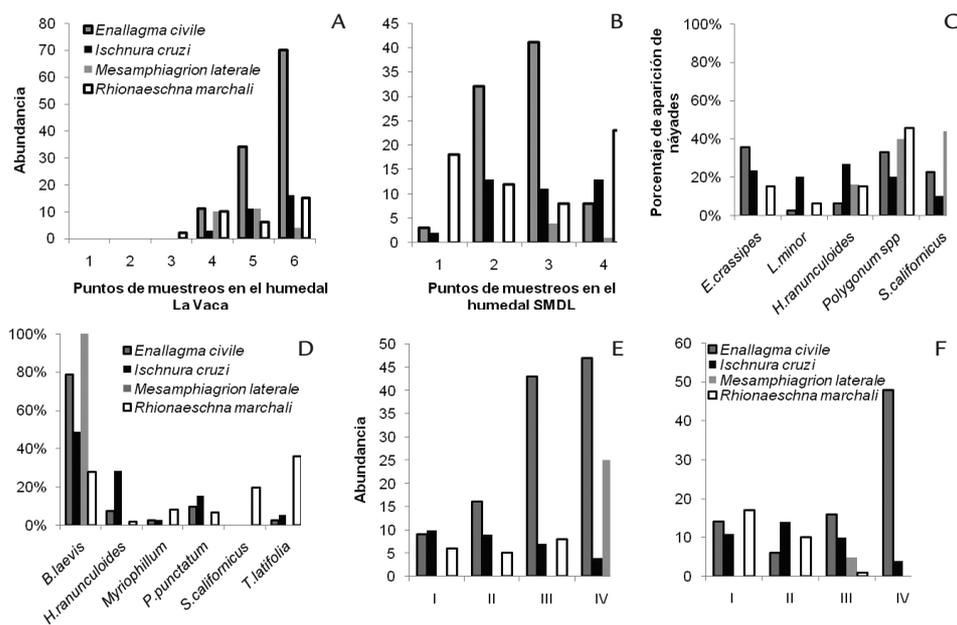


Figura 2. A. Abundancia acumulada (organismo/2,5 m<sup>2</sup>) de las náyades en los puntos muestreados. Humedal La Vaca. B. Humedal Santa María del lago (SMDL). C. Porcentaje de aparición de náyades en las diferentes macrófitas muestreadas, Humedal La Vaca. D. Humedal Santa María del Lago. E. Abundancia total (organismo/2,5 m<sup>2</sup>) en los cuatro meses muestreados. Humedal La Vaca. F. Humedal Santa María del Lago.

### VARIACIÓN TEMPORAL

Cada una de las especies presentó diferencias en la abundancia durante los meses muestreados. Se pudieron distinguir asincronías entre las especies y entre los humedales. Las especies *E. civile*, *I. cruzi* y *R. marchal* se mantuvieron presentes en todos los muestreos; mientras que *M. laterale* fue ocasional en los dos humedales (Figs. 2E-F).



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 proporcional (Fig. 3A). La abundancia fue significativamente diferente entre los meses muestreados en el humedal La Vaca ( $H=8,64$ ,  $p: 0,003$ ) y en 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 indica poca similitud en la abundancia de los meses y puntos muestreados, con un coeficiente de correlación cofenética de 0,81 (Fig. 3B). El análisis de correspondencia sin tendencia -DCA- de la abundancia de las náyades explicó el 60 % de la variación en los ejes uno y dos. No se evidencia un gradiente de patrón entre los puntos y meses muestreado (Fig. 3C).

#### DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD

La diversidad fue mayor en los sitios de muestreo que se ubican a mayor distancia de los afluentes o sitios de vertimientos en ambos humedales (Tabla 4). 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 grado de heterogeneidad espacio-temporal evaluado a través de la diversidad beta fue de 0,64 en el humedal La Vaca con una desviación estándar de 0,27 y de 0,65 en el humedal Santa María del Lago con una desviación estándar de 0,21. Se puede considerar que la diversidad es media y sin diferencias marcada entre los dos humedales.

	La Vaca				Santa María del Lago			
	Puntos muestreados							
	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

Tabla 4. Valores de índices de diversidad para cada punto de muestreo en el humedal La Vaca y Santa María del Lago.

## DISCUSIÓN

La riqueza de especies fue relativamente alta, si se compara con los reportes de Cardonal *et al.*, 2005, en tres sistemas lénticos del noroccidente de la Sabana de Bogotá, en alturas entre 1.894 y 2.611 msnm. Las especies halladas en los humedales La Vaca y Santa María del Lago representan 50 % frente a ocho especies de adultos y siete de náyades registradas por los mencionados autores. El número de taxones en La Vaca y Santa María del Lago es alto si se tiene en cuenta que son humedales urbanos con vertimientos de aguas residuales, procesos avanzados de reducción, aislamiento de su cuenca original y fraccionamiento del hábitat por rellenos y drenajes.

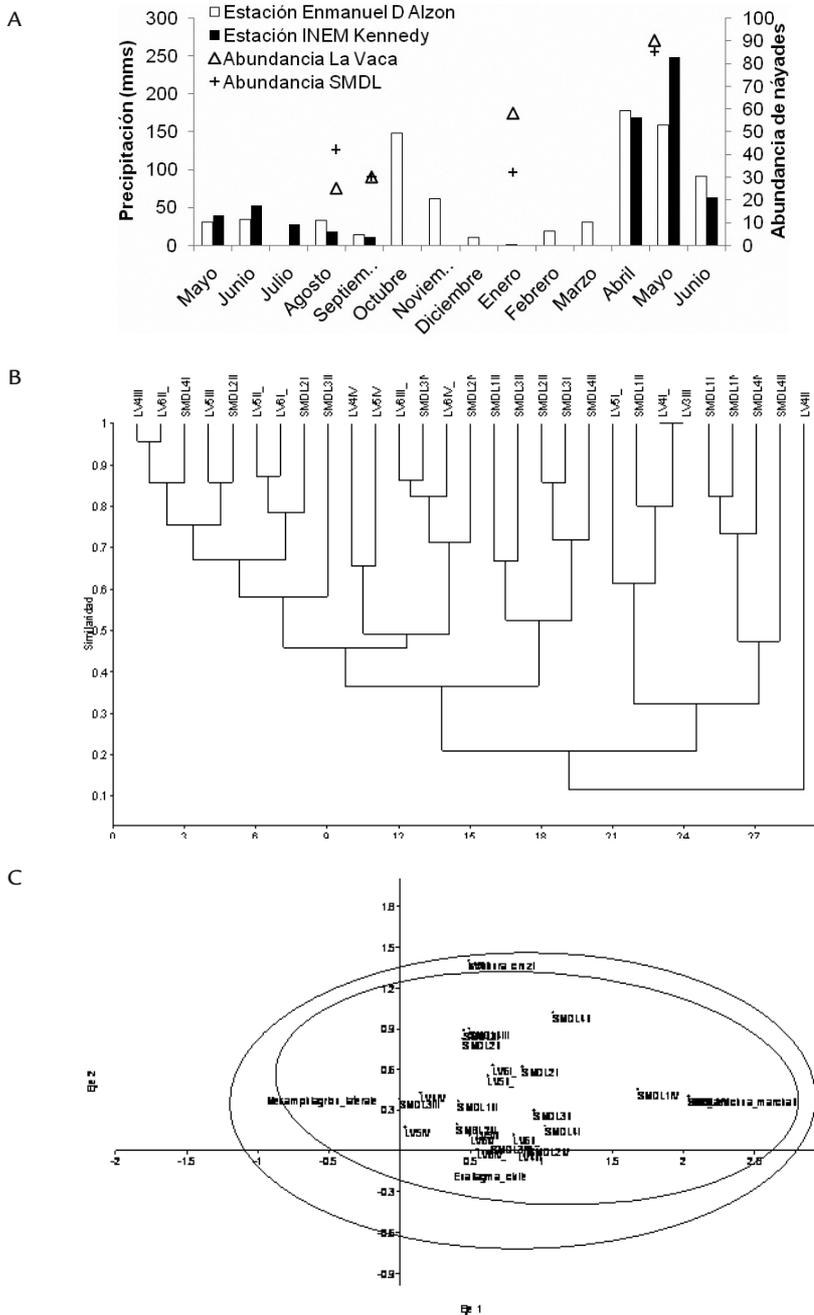


Figura 3. A. Precipitación según las estaciones meteorológicas más cercanas a los humedales muestreados y abundancia de las náyades (organismo/2,5 m<sup>2</sup>). B. Clúster de agrupación de abundancia de náyades en los sitios (1 a 6) y meses muestreados (I a IV) del humedal La Vaca (LV) y el humedal Santa María del Lago (SMDL). C. Análisis de correspondencia sin tendencia de la abundancia de las náyades

La riqueza de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago corresponde a cuatro especies que probablemente son las de mayor tolerancia y adaptación a ambientes impactados por aguas residuales. Esto permite considerar que las náyades de odonatos son un indicador que permite hacer seguimiento (Brazner *et al.*, 2007) y evaluar los procesos de rehabilitación de hábitat. La mayor abundancia de náyades concuerda con el periodo de lluvias mayores. Esta variabilidad según la época climática concuerda con lo señalado por Crowley y Jonson, 1982, quienes encontraron un patrón estacional de la comunidad de náyades según las estaciones.

La aparición asincrónica de las 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 del hábitat, en la emergencia y en la maduración sexual entre las especies (Corbet, 1999). Alonso, 2004, encontró que la distribución temporal de las especies explica su coexistencia en la mayoría de los casos que estudió.

Los niveles de tolerancias de las especies a los cambios ecológicos y la variabilidad y la 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 que la distribución espacial y temporal de las larvas se determina en gran medida por la forma en que utilizan el recurso alimenticio. Al comparar la composición de náyades de los humedales La Vaca y Santa María del Lago 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 demostró poca diferencia en el arreglo de especies de náyades entre los dos humedales. Estos atributos de la comunidad concuerdan con la evaluación de Alonso, 2004, quien al comparar la abundancia y riqueza a través del índice de similitud de Jaccard y la diversidad beta mostró que las náyades responden a la heterogeneidad regional del sistema. Además, encontró que la composición de la odonatofauna conformada por náyades, respondió diferencialmente a condiciones particulares de cada tipo de ambiente. Otro atributo que puede dar respuesta al resultado de la diversidad beta, es la similitud entre el área de los humedales (Ruggiero, 2008).

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 está reducido. Este hecho puede deberse a que en el humedal La Vaca hay una mayor área impactada por los vertimientos. Esto se corrobora porque en los sitios de muestreo ubicados cerca del afluente en La Vaca no se evidencia el establecimiento de náyades. Otro factor que influye en la composición de náyades es la distribución de las macrófitas en los ecosistemas acuáticos (Alsfeld *et al.*, 2009).

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 a una respuesta de las especies en términos de tolerancia a las variables ambientales (Alsfeld *et al.*, 2009), en la medida en que se evidencia que la comunidad de



náyades presenta más individuos en los puntos de muestreos que espacialmente se ubican a mayor distancia de los sitios de vertimientos (Moreno, 2011).

La Secretaría Distrital de Ambiente, 2008, inició la ejecución de acciones de rehabilitación del humedal Santa María del Lago en 1999 y en el humedal La Vaca en 2008. La heterogeneidad en la composición de náyades entre los humedales indica que las comunidades de odonatos responden rápidamente a los procesos de rehabilitación, colonizando y estableciéndose con facilidad en los humedales (Fox y Cham, 1994). Los humedales con sistemas de control demuestran ser una buena estrategia para la conservación de libélulas y otras especies (Chovanec, 1994; Funk *et al.*, 2009).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a todos aquellos que contribuyeron en la elaboración y desarrollo de la investigación. A la empresa Acueducto de Bogotá por permitir ingresar al proceso de evaluación de la rehabilitación de los humedales urbanos de Bogotá. A Gabriel Antonio Pinilla, María Argenis Bonilla y Luis Carlos Gutiérrez por sus aportes y sugerencias. A León Andrés Pérez por la identificación taxonómica de los ejemplares y a la Universidad Nacional de Colombia por su apoyo académico e institucional.

### BIBLIOGRAFÍA

ALONSO P. 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; 2004.

ALSFELD A, BOWMAN J, DELLER JACOBS A. Effects of woody debris, microtopography, and organic matter amendments on the biotic community of constructed depressional wetlands. *Biol Conserv.* 2009;142:247-255.

ARANGO JC. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actu Biol.* 1982;12:91-100.

ARELLANO L, HALFFTER G. Gamma diversity: derived from and a determinant of alpha diversity and beta diversity, an analysis of three tropical landscapes. *Acta Zool Mex.* 2003;90:27-76.

ARNETT RH. American insects: a handbook of the insects of America North of Mexico. Van Nostrand Reinhold Co., New York; 1985.

BRAZNER J, DANZ N, TREBITZ A, NIEMI G, REGAL R, HOLLENHORST T, *et al.* Responsiveness of Great Lakes wetland indicators to human disturbances at multiple spatial scales: a multi-assembly assessment. *J Great Lakes Res.* 2007;33(3):42-66.

BORROR DA. Key to the world genera of Libellulidae (Odonata). *Ann Entomol Soc Am.* 1989;XXXVIII:174-193.

CARDONAL S, REALPE E, PÉREZ L. Estudio biotaxonómico (Insecta: Odonata) en el noroccidente de la Sabana de Bogotá. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias; 2005.

CHOVANEC A. Man-made wetlands in urban recreational areas—a habitat for endangered species? *Landscape Urban Plan.* 1994;26:43-54.



CORBET PS. Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Comstock Publishing Associates. New York, USA; 1999.

CROWLEY PH, JOHNSON DM. Habitat and seasonality as niche axes in an Odonate community. *Ecology*. 1982;63:1064-1077

CRUZ L. Contribución a los estudios taxonómicos de Odonata Zigoptera de Colombia: descripción de una nueva especie de *Cianallagma* (Odonata: Coenagrionidae). *Caldasia*. 1986;14(68/70):743-774.

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

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

DOMMANGET JL. Les libellules et leurs habitats. Eléments de gestion et restauration. Société Française d'Odonatologie; 1998.

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

FOX AD, CHAM SA. Status, habitat use and conservation of the scarce blue-tailed damselfly *Ischnurapumilio* (Charpentier) (Odonata, Coenagrionidae) in Britain and Ireland. *Biol Conserv*. 1994;68(2):115-122.

FUNK A, RECKENDORFER W, KUCERA HIRZINGER V, RAAB R, SCHIEMER F. Aquatic diversity in a former floodplain: Remediation in an urban context. *Ecol Eng*. 2009;35(10):1476-1484.

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

HALFFTER G, EZCURRA E. ¿Qué es la biodiversidad? *Acta Zool Mex*. 1992;3-24.

LIMONGI JE. Estudio morfo-taxonómico de náyades en algunas especies de Odonata (Insecta) en Venezuela. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales 'La Salle'*. 1983;119:95-117.

MORENO C. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España, GORFI SA; 2001.

MORENO MI. Distribución espaciotemporal de náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia [Tesis de maestría]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2011.

MORÓN MA, TERRÓN YRA. Entomología práctica. Instituto de Ecología, A. C. México; 1988.

PAULSON DR. 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; 1982. p. 249-277.

PÉREZ LA. Estudio biotaxonómico de los odonatos (Insecta: Odonata Fabricius 1753) del Distrito de Santa Marta (Magdalena-Colombia) [Tesis de pregrado]. Universidad del Magdalena. Santa Marta. Colombia; 2003.

RUGGIERO A, CÉRÉGHINO R, FIGUEROLA J, MARTY P, ANGÉLIBERT S.



294 Artículo - Distribución espacial y temporal de náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. Moreno, *et al.*

---

Farmponds make a contribution to the biodiversity of aquatic insects in a French agricultural landscape. *C R Biol.* 2008;331;298-308.

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

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

