

**Factores asociados al ensamblaje de una comunidad de libélulas  
(Insecta: Odonata) en dos cuerpos lénticos en Anolaima, Cundinamarca.**

**NATALIA VALENCIA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
BOGOTÁ D.C.  
2006**

**Factores asociados al ensamblaje de una comunidad de libélulas (Insecta:  
Odonata) en dos cuerpos lóticos en Anolaima, Cundinamarca.**

**NATALIA VALENCIA RODRIGUEZ**

**Trabajo de Grado**

**Director  
Emilio Realpe  
Biólogo MSc.**

**Codirector  
León Andrés Pérez  
Biólogo. Maestría en curso**

**Codirector  
Pablo Stevenson  
Biólogo PhD**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
BOGOTÁ D.C.  
2006**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 BIOLOGÍA DE ODONATOS.....	8
2.1.1 El Imago .....	8
2.1.2 Náyades .....	9
2.2 ECOLOGÍA DE ODONATOS.....	10
2.2.1 Factores Abióticos .....	11
2.2.1.1 Constituyentes Iónicos.....	12
2.2.1.2 Oxígeno.....	13
2.2.1.3 Temperatura.....	13
2.2.2 Factores Bióticos.....	14
2.3 ANTECEDENTES.....	15
<b>3. OBJETIVOS</b>	
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
<b>4. MATERIALES Y METODOS</b>	
4.1 AREA DE ESTUDIO.....	18
4.2 FASE DE CAMPO.....	20
4.3 ANÁLISIS DE DATOS.....	22
4.3.1 Índices de diversidad.....	22
4.3.1.1 Índice de Simpson.....	23
4.3.1.2 Índice de Shannon.....	24
4.3.3 INDICE DE EQUITATIVIDAD.....	24
4.3.3 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA).....	25
<b>5. RESULTADOS</b>	
5.1 GENERALIDADES Y DIVERSIDAD.....	26
5.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL .....	28
5.3 DISPERSIÓN.....	35
5.4 FACTORES DETERMINANTES.....	37
<b>6. ANALISIS DE RESULTADOS</b>	
6.1 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL .....	44
6.2 DISPERSIÓN .....	46
6.3 FACTORES DETERMINANTES.....	49

<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Clasificación de los patrones de actividad según Corbet (1999) para los géneros encontrados. U=unimodal, N=12m., F= <12 m, A = >12m.....**37**

**Tabla 2.** Número de individuos pertenecientes al género *Micrathyria* marcados, recapturados y dispersados en los hábitats .....**39**

**Tabla 3.** Número de individuos marcados y porcentaje de recaptura de acuerdo al sexo.....**39**

**Tabla 4.** Factores asociados con la abundancia de los géneros en estudio.....**46**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diferencias existentes entre larvas y adultos de Zygoptera y Anisoptera.....	<b>11</b>
<b>Figura 2.</b> Precipitación promedio 1995-2004.....	<b>20</b>
<b>Figura 3.</b> Hábitat 1, léntico con alto porcentaje de vegetación flotante.....	<b>21</b>
<b>Figura 4</b> Hábitat 2, léntico con ausencia de vegetación flotante.....	<b>22</b>
<b>Figura 5.</b> Número de individuos y géneros en función del hábitat.....	<b>28</b>
<b>Figura 6.</b> Diversidad de los géneros en función de su hábitat.....	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b> Equitatividad en función del hábitat .....	<b>29</b>
<b>Figura 8.</b> Distribución temporal de los géneros encontrados en época de sequía.....	<b>31</b>
<b>Figura 9.</b> Distribución temporal de los géneros encontrados en época de lluvias.....	<b>35</b>
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de individuos recapturados en los dos hábitats.....	<b>38</b>
<b>Figura 11.</b> Diagrama de dispersión entre los hábitats en estudio.....	<b>38</b>
<b>Figura 12.</b> Efecto del sexo en la capacidad de dispersión.....	<b>39</b>
<b>Figura 13.</b> Tipos de vegetación con sus respectivos porcentajes para el hábitat 1.....	<b>40</b>
<b>Figura 14.</b> Tipos de vegetación con sus respectivos porcentajes para el hábitat 2.....	<b>41</b>
<b>Figura 15.</b> Box and Whisker Plot de O <sub>2</sub> para el hábitat 1 y 2 en época de sequía .....	<b>42</b>
<b>Figura 16.</b> Box and Whisker Plot de O <sub>2</sub> para el hábitat 1 y 2 en época de lluvias .....	<b>43</b>
<b>Figura 17.</b> Box and Whisker Plot de número de individuos para cada género.....	<b>44</b>
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de sombra a lo largo del día en época de lluvias.....	<b>47</b>
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de sombra a lo largo del día en época de sequía.....	<b>48</b>

## RESUMEN

Se pretende dilucidar los factores asociados a la composición y ensamblaje de una comunidad de libélulas en dos hábitats diferentes. Para ello se tuvieron en cuenta factores bióticos y abióticos. Se realizaron muestreos con una frecuencia de 15 días durante la época de sequía y lluvias, en los cuales se colectaron individuos adultos, para así comparar la diversidad y la riqueza de los dos hábitats en estudio. Mediante análisis de varianza y covarianza, se determinó que la vegetación flotante, la vegetación marginal, la conductividad así como el porcentaje de sombra fueron las variables significativas en el ensamblaje de esta comunidad en particular.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ambiente físico influye profundamente la ecología y el comportamiento de los Odonatos (Wright, 1943 en Corbet, 1999). Los factores bióticos son de gran importancia, en especial la vegetación, pues están involucrados en la alimentación, en el camuflaje ante predadores y en algunos casos en la oviposición (Osborn, 2005). Por otro lado, los factores abióticos afectan el crecimiento, reproducción y sobrevivencia de los Odonatos (Apodaca *et al*, 2004). Es por esta razón que dichos factores juegan un papel muy importante estructurando la comunidad.

Por su posición en la cadena trófica, las libélulas son un grupo de organismos bastante complejos. Son insectos exclusivamente carnívoros y cazadores, tanto en su estado de larva (acuática), como en su estado adulto (aéreo). Las larvas se alimentan de oligoquetos, renacuajos y una serie de insectos, y los adultos son tanto presas como predadores. (Chowdhury *et al*, 1983). Es precisamente este papel el sugiere que son organismos importantes para mantener el balance ecológico en diversos ambientes y los postula como bioindicadores potenciales (Roldan, 1999)

Los Odonatos dependen del agua y del bosque para desarrollar su ciclo de vida y por lo tanto, la destrucción de estos hábitats (canalización, contaminación, drenaje, fragmentación, etc.) afecta directamente el establecimiento de dichos organismos. Varios estudios han demostrado que la conversión de bosques a pastizales o a áreas residenciales puede afectar los hábitats y las comunidades acuáticas de varias maneras (Sponseller *et al*, 2001.) Este tipo de alteraciones antrópicas fragmentan y aíslan los hábitats, disminuyendo la riqueza y homogenizando los ambientes (Ferreira – Peruquetti; 2003, Gurtz *et al*, 1984).

Teniendo en cuenta esto, se determinó la estructura del ensamblaje y la composición de una comunidad de odonatos de dos cuerpos lénticos en el



municipio de Anolaima, Cundinamarca y así mismo, se dilucidaron los factores que pueden afectar la composición de dichas comunidades.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Biología de Odonatos**

Las libélulas son un grupo de insectos que existen desde hace aproximadamente 250 millones de años, lo que los hace uno de los grupos más antiguos de la Clase Insecta. Estos se encuentran estrechamente relacionados con los Efemerópteros (Corbet, 1999). Existen cerca de 5.500 especies alrededor del mundo (Westfall, 1996) y la mayoría se encuentran en el trópico. (Dos Santos, 1981). Se estima que cerca de la mitad del número total de especies en todo el mundo ha sido descrito hasta el momento.

Este grupo está compuesto por dos grandes súper-órdenes: Anisoptera y Zygoptera. Los Zygoptera se encuentran representados por 21 familias y aproximadamente 2588 especies (Bridges, 1994) y hasta el momento, según estudios moleculares son un grupo parafilético (Hasegawa *et al*, 2006). Su cuerpo es pequeño y esbelto, al igual que sus larvas, las cuales tienen antenas bastante largas (Westfall, 1996). Los Anisopteros albergan 9 familias con aproximadamente 2751 especies (Bridges, 1971) y tanto en estudios morfológicos (Rehn, 2001) como moleculares (Hasegawa *et al*, 2006), son un grupo monofilético, que se caracteriza por la diferenciación morfológica de las alas anterior y posterior. Su cuerpo es grande y robusto al igual que su larva y están adaptadas a la vida semi-terrestre (Misof, 2003).

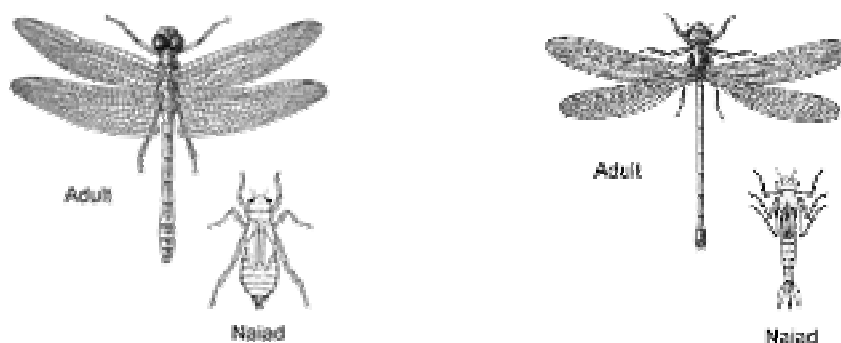
#### **2.1.1 El Imago**

Los adultos son insectos depredadores que capturan sus presas cuando estas se encuentran volando o cuando están descansando. Su condición depredadora se ve reflejada en su morfología, la cual posee estructuras cuyas funciones están adaptadas para el consumo de otros organismos.

La cabeza posee estructuras bucales cortantes que apuntan hacia abajo y son del tipo mordedor-masticador. Sus mandíbulas son robustas con dientes poderosos. Además de esto, tienen un par de antenas cortas, compuestas de

menos de ocho segmentos, que semejan pequeños pelos, razón por la cual son poco aparentes (Slifer *et al*, 1962 en Imms, 1970). La cabeza se mueve libremente y está unida al protórax mediante un cuello delgado. El protórax, aunque muy reducido, es un segmento bien diferenciado, en donde el meso- y el metatórax están fusionados. Se encuentra provisto de músculos de vuelo, los cuales impulsan las alas anterior y posterior.

Las alas de los Odonatos se encuentran bien desarrolladas y su venación es el carácter más confiable y por ende, de gran importancia en la identificación de especies (Needhan, 1951 en Westfall, 1996). La diferenciación de alas existente entre los dos grandes super-órdenes, hace que estos sean fácilmente distinguibles en el campo. Los Anisoptera, en descanso, presentan alas que se ubican horizontalmente y su ala posterior en la parte basal, es más ancha que el ala anterior. Por el contrario, los Zygoptera ubican sus alas, en la mayoría de los casos, debajo del cuerpo y tanto el ala anterior como posterior se caracterizan por tener una similitud en forma y ancho (Westfall, 1996).



**Figura 1. Diferencias existentes entre larvas y adultos de Zygoptera y Anisoptera.**  
Tomada de: <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/compendium/odonata.html#looks>

### 2.1.2 Náyades

Las larvas o náyades al igual que los ímagos se caracterizan por ser depredadores voraces y por lo tanto están equipadas con ciertas estructuras morfológicas que responden a dicha condición. Aunque a simple vista, parece que la larva difiere completamente en forma a la de los adultos, estas

conservan casi el mismo plano corporal y las partes del cuerpo llevan el mismo nombre.

A diferencia de los adultos, las náyades tienen una cabeza mucho más pequeña y esta no se mueve tan libremente como lo hace en estados más desarrollados. La cabeza se caracteriza por su estructura única: el labium o labio inferior; el cual está modificado para la función prensil y se conoce como máscara, pues oculta las otras partes bucales (Butler, 1904 en Imms, 1970).

## **2.2 Ecología de Odonatos**

Los Odonatos son organismos hemimetábolos (metamorfosis simple) y habitan ambientes tanto terrestres como acuáticos a lo largo de su ciclo (Foote *et al*, 2005). Al igual que otros organismos los odonatos suelen dispersarse entre hábitats, que según varios estudios, no supera el kilómetro (Conrad *et al*, 2002; Moore, 1954; Angilbert *et al*, 2003). Dicho fenómeno sólo se presenta en la etapa área del individuo y contribuye a la colonización de nuevos hábitats y ayuda a la subsistencia de poblaciones y especies a lo largo de un ambiente natural o antrópico (Angilbert *et al*, 2003).

Los caballitos y las libélulas son particulares entre otros insectos, pues el órgano copulatorio del macho está localizado al inicio de la parte anterior del abdomen, razón por la cual, antes de copular tiene que transferir la espema desde la apertura genital, en el noveno segmento, hasta el segundo segmento. Los dos sexos invierten gran parte del tiempo “en tandem”, posición que realizan antes de copular y en la cual el macho toma a la hembra por el tórax y curva su abdomen para tomar el protórax de la hembra. Dicha posición dura pocos segundos (Corbet, 1999)

Este grupo de insectos ha recibido mucha atención y dedicación desde hace varios años debido a su importancia en temas de conservación. (Chovanec *et al*, 1997; Samways *et al*, 1996; Clark *et al*, 1996). Estos organismos se prestan para realizar estudios de impacto ambiental por varias razones. Presentan ciclos de vida larga, tienen una estrecha relación con el

agua (Osborn, 2005) y sobre todo por su gran sensibilidad a cambios en los ecosistemas acuáticos. Este último es de gran importancia pues disturbios drásticos en sus hábitats (fragmentación, canalización, etc.) se ven reflejados en la estructura de la comunidad (Bulankova, 1997).

Los factores bióticos y abióticos juegan un gran papel estructurando la comunidad de Odonatos. Los factores abióticos pueden llegar a afectar el crecimiento, la reproducción y la sobrevivencia de estos organismos, y por consiguiente influenciando sus patrones de distribución y el uso del hábitat (Flemer *et al*, 1999 en Apodaca, 2004). Estos factores, como los constituyentes iónicos (conductividad y pH), oxígeno disuelto y temperatura del agua, varían de acuerdo al sitio, durante el día e incluso pueden llegar a tener variación temporal. De la misma manera sucede con los factores bióticos, los cuales son de vital importancia para la realización de gran parte de las actividades de los ímagos, entre ellas la oviposición. Es por esta razón, que dichas variables tienen repercusiones sobre el ensamblaje de las comunidades pues juegan un papel importante en su estructuración y por ende requieren de cierta atención.

### **2.2.1 Factores Abióticos**

Los factores abióticos se definen como todos aquellos factores no vivos, que de una u otra forma delimitan y por tanto influyen directamente el comportamiento y funcionamiento de las especies. Usualmente dichos factores se refieren a componentes físicos y químicos que afectan la habilidad del organismo para sobrevivir y reproducirse. Por lo general, se conocen como condiciones que varían en espacio (diferentes ambientes) y tiempo, los cuales determinan la clase y número de especies que pueden existir en un ambiente (Begon *et al*, 1999). La intensidad de la luz, la temperatura, los niveles de polución son algunos ejemplos de este tipo de factores. Según Corbet (1999) dichos factores son de gran importancia para los organismos en especial los insectos, ya que estos pueden influenciar de gran manera las comunidades de odonatos.

### 2.2.1.1 Constituyentes iónicos

Existen varias formas de medir y cuantificar la composición iónica de los cuerpos hídricos. De estas, la conductividad, la salinidad y el pH resultan ser las más comunes.

La conductancia específica o conductividad, expresada como  $\mu\text{S/m}$ , mide la cantidad de sólidos totales que se encuentran disueltos en el agua. A pesar de que la salinidad y la conductividad miden la composición iónica, esta última es la más usada pues mide la concentración de iones sin importar el tipo que se encuentren presentes.

La importancia de estas variables recae en su influencia sobre la distribución de los organismos acuáticos, puesto que imponen limitaciones directas en su habilidad de osmorregular (Corbet, 1999). Las larvas de la mayoría de los Odonatos son reguladores hiperosmóticos obligados, es decir, son incapaces de llevar a cabo una regulación hiposmótica en caso de que la conductividad aumente y sobrepase el nivel en el cual el organismo es capaz de regular (Bayly, 1972, en Corbet, 1999).

Por otro lado, el pH, expresado como unidades en una escala de 1 a 14, se refiere a la concentración de iones de hidrógeno y es usado como una medida de acidez o alcalinidad. Inicialmente se creía que dicha medida era una de los indicadores más precisos y confiados a la hora de determinar las condiciones ecológicas de los sistemas acuáticos (Corbet, 1999). Sin embargo y a pesar de que dicha afirmación no está del todo confirmada, se sabe que es una medida que está correlacionada con la conductividad y la salinidad (Cannings 1987, en Corbet, 1999), con la acumulación y descomposición de materia orgánica (Verbeek, 1986, en Corbet, 1999) y con la presencia o ausencia de peces (Ericsson *et al*, 1980, en Corbet, 1999). Todos estos factores pueden ser relevantes para las comunidades de Odonatos.

Cabe aclarar que la distribución de invertebrados no está determinada por el pH *per se*, si no por factores físicos y bióticos que este refleja. De esta forma,

cambios en la concentración de iones de hidrógeno pueden influenciar directa o indirectamente factores tales como la vegetación presente en el cuerpo de agua, la cual puede cambiar al experimentar periodos cortos de acidificación (Muniz, 1991).

#### **2.2.1.2 Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto, expresado como mg/l a una temperatura y una presión dada, es quizás uno de los factores más importantes pues afecta el comportamiento, el metabolismo y la sobrevivencia de las larvas de Odonatos. Dicha medida varía entre diferentes hábitats y entre el mismo hábitat, de acuerdo a características tales como la profundidad, la proximidad hacia el borde del cuerpo de agua y finalmente al movimiento del agua (e.g., corrientes). Está última es muy importante y aplica más que todo para cuerpos de agua lóticos, en donde las especies se segregan de acuerdo a la velocidad de las corrientes, entre muchas otras características.

#### **2.2.1.3 Temperatura**

La temperatura de un insecto es importante pues determina sus actividades (Digby, 1995 en Zavorskas, 1999). Los adultos a lo largo de la evolución han incorporado una serie de técnicas termoregulatorias que controlan su temperatura corporal. Como en todos los organismos, existe un rango de temperaturas óptimas en las cuales pueden funcionar adecuadamente. Los Odonatos, no son la excepción, pues al ser insectos poikoletermos, deben adquirir un cierto nivel de temperatura para que puedan llevar a cabo sus funciones. Esto lo logran a través de diferentes comportamientos, dentro de los que se encuentra el cambio de posición (Zavorskas, 1999).

Así pues, resulta obvio inferir que los Odonatos deben obligatoriamente mantener estable aquella temperatura óptima, para realizar funciones básicas tales como atrapar las presas, escapar de predadores e interactuar con otros Odonatos. Si esta llegase a subir demasiado, se esperaría una pérdida del control motor, lesiones y en ocasiones la muerte (May, 1976).

Corbet (1963) afirma que las fluctuaciones diarias de temperatura es quizás el factor más relevante a la hora de determinar el patrón de actividad de los adultos. De hecho, sus ritmos diarios, su alimentación y reproducción todos parecen estar controlados por la temperatura. Sin embargo, cabe anotar que dicho factor no sólo resulta importante para los adultos. Si bien existen pocos estudios en donde se han determinado las interacciones entre temperatura y desarrollo larval, Lutz (1974) encontró una gran correlación entre dichas variables pues a altas temperaturas retardaban el desarrollo.

### **2.2.2 Factores Bióticos**

Los factores bióticos, en especial la vegetación, constituyen una parte esencial en el hábitat de los insectos, en especial las libélulas. Existen varias razones por las cuales se considera de vital importancia para la sobrevivencia tanto de adultos como de larvas de odonatos, sin embargo, la más relevante se refiere a la selección de hábitat por parte de los individuos mediante señales que la vegetación brinda. A partir de esta, los organismos llevan a cabo una serie de actividades indispensables para su desarrollo, en cualquiera de sus etapas.

En primer lugar, las plantas le ofrecen a las larvas un lugar de alimentación y protección contra depredadores. A los adultos, les brinda sitios o substratos para llevar a cabo la oviposición, además de lugares adecuados para la emergencia de larvas. Sirve como sitios de percha, en donde realizan actividades tales como caza, copula, temoerregulación, etc. (Buchwald, 1991) Al igual que las larvas, la vegetación les confiere sitios perfectos para huir de depredadores y resguardarse de ambientes desfavorables.

Por otro lado, las comunidades de plantas y los paisajes alrededor del cuerpo de agua, sirven como área de alimentación y como área de maduración para los ímagos subadultos; además de influir sobre los microclimas.



## 2.2 Antecedentes

La mayoría de los estudios realizados sobre Odonatos se han llevado a cabo en cuerpos lénticos (aguas quietas, charcas, lagos) y en zonas templadas, a pesar de que las libélulas constituyen una proporción considerable de la insecto fauna tropical (Chowdhury *et al*, 1983). Es por esta razón que el conocimiento que se tiene acerca de estos organismos está un poco limitado para zonas neotropicales.

Algunos estudios que se han realizado se han llevado a cabo con el fin de enfatizar el potencial que tienen estos insectos para realizar monitoreos ambientales (Watson *et al*, 1982; Trevino, 1997; Samways, 1996; Chovanec, 1997; Clark, 1996). La mayoría de estos autores han trabajado en lagos artificiales en donde se busca determinar la preferencia de biotopos por parte de las libélulas, con el objetivo de proponer alternativas para la conservación de las mismas.

Pocos trabajos han descrito la estructura de la comunidad de odonatos y su relación con factores ambientales (Apodaca *et al*, 2004; Chowdhury, 1983; Novelo-Gutiérrez, 2002). Estos se han realizado tanto en cuerpos lénticos y en menor medida en cuerpos lóticos. Chowdhury y colaboradores, 1983, llevaron a cabo un estudio en 5 cuerpos lénticos artificiales (forma, tamaño y flora diferente) con el cual buscaba determinar posibles relaciones entre las larvas de anisopteros y varios factores ecológicos, físicos y químicos. Durante este estudio se encontró poca correlación entre las poblaciones de larvas y los diferentes factores físicos, químicos y biológicos estudiados.

Otros estudios se han realizado en cuerpos lóticos con el fin de comparar la diversidad de quebradas y asociarla a factores fisicoquímicos y similitud faunística (ej. Novelo-Gutiérrez *et al*, 2002). Al final de este estudio, encontraron que la temperatura del agua podía llegar a ser un factor determinante en la densidad de odonatos.

Los estudios sobre comunidades de Odonatos y su relación con factores bióticos y abióticos son importantes, pues permiten establecer de una manera integra la composición y estructura de la misma. Además, permiten determinar cuales son los factores que influyen sobre su composición.

En Colombia los entomólogos no han centrado mayor atención a los Odonatos y por tal razón la cantidad de estudios y de información acerca de este grupo es bastante limitado.

Cruz en un artículo publicado en 1986 contribuye a los estudios taxonómicos colombianos, mediante la descripción e ilustración de una nueva especie de *Cyanallagma* (Coenagrionidae) en el noroccidente de la Sabana de Bogotá la cual designa como *Cyanallagma demarmelsi*.

Pérez en el 2003 como parte de su trabajo de grado, realiza un estudio faunístico en el área metropolitana de Santa Marta, basado únicamente en los estados larvales de los Odonatos. Este estudio es quizás uno de los levantamientos más rigurosos y completos que se han llevado a cabo en Colombia.

También cabe recalcar que el Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática (LAZOECA) de la Universidad de Los Andes desde hace varios años ha venido realizando una serie de estudios encaminados al estudio de este grupo. Inicialmente se realizaron estudios descriptivos los cuales, mediante levantamientos biotaxonómicos, buscaban aportar información al conocimiento de la biodiversidad y distribución geográfica de dicho taxón (Martínez, 2006; Cardona, 2005; Barrera, 2004; Cuán, 2001). Hoy en día los estudios que se llevan a cabo buscan determinar patrones ecológicos, tales como preferencia de hábitat (Botero, 2006), caracterización de poblaciones en determinadas especies (Sánchez, 2006) y patrones biogeográficos (Pérez en realización).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General:**

Deteminar la estructura del ensamblaje y la composición de una comunidad de odonatos de dos cuerpos lénticos en Anolaima, Cundinamarca, teniendo en cuenta dos temporadas climáticas (lluvia y sequía) y dilucidar los factores que pueden deteminar afectarla.

#### **3.2 Objetivos Específicos :**

- Identificar los especimenes colectados hasta género y contribuir con la colección de Odonatos del Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática.
- Calcular los índices de diversidad y equitatividad de los hábitats en estudio.
- Deteminar si existe un patrón de la comunidad asociado a la estacionalidad.
- Identificar la distribución diaria de los individuos de cada hábitat.
- Deteminar la hora de actividad máxima de los diferentes géneros encontrados.
- Estimar la habilidad de dispersión de los géneros encontrados.
- Relacionar la estructura de la comunidad con factores abióticos y bióticos.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS:

##### 4.1 Área de Estudio:

El estudio se llevó a cabo en dos cuerpos lénticos ubicados cerca del municipio de Anolaima, Cundinamarca en la vereda de San Agustín. La primera charca, Hábitat 1, se encuentra en la Finca Limana, la cual se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: 04° 47' 07"N - 074° 28' 42" W a una altura de 1370 msnm. La segunda charca, Hábitat 2, se encuentra ubicada en las mismas coordenadas y altura, sin embargo se encuentran separadas por una distancia de 450 mts.

La zona de estudio presenta un modelo de lluvias bimodal, es decir presenta dos temporadas de lluvias. El patrón de precipitaciones fue obtenido de la estación 2120567 La Florida, Cundinamarca del IDEAM. La Fig.1 representa el promedio de los últimos diez años de lluvias. Se observa que el primer pico de lluvia se ubica en el mes de abril, seguido por el segundo pico, en el mes de Octubre. Los meses de sequía corresponde a enero, junio, julio y agosto.

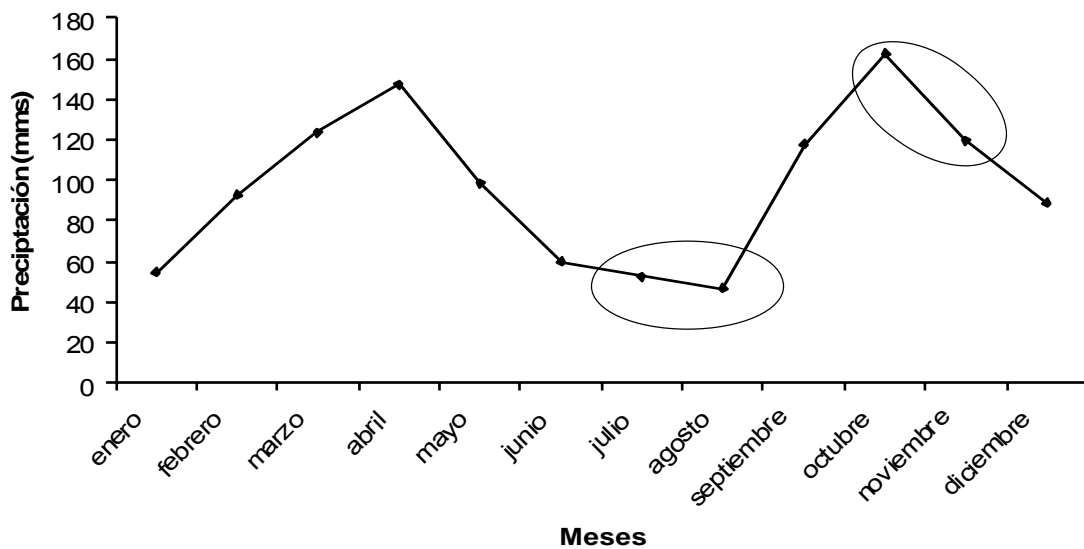


Figura 2. Precipitación promedio 1995-2004.

El clima de la zona está catalogado como muy húmedo y su temperatura oscila entre los 17°C y los 24°C (IAvH, SIG, 2006). En cuanto a la vegetación, dado que los lagos se encuentran en fincas de recreación, es una zona intervenida, la cual está rodeada de cultivos (aromáticas, plataneras, frutales) y la actividad humana es alta (zona de lavadero, quema de materia orgánica, podada de pasto frecuente y ganadería).

A pesar de esto, los dos cuerpos lénticos están rodeados de cierta vegetación marginal. Para el caso del Hábitat 1, este se encuentra rodeado de algunas gramíneas y algunos árboles frutales como naranjos, guayabos y limones. Dicho cuerpo se caracteriza principalmente por presentar un gran porcentaje de vegetación flotante, como lo son los lotos (*Nymphaea alba*).



**Figura 3. Hábitat 1, léntico con alto porcentaje de vegetación flotante.**  
Tomada por: Natalia Valencia, 2006

Para el caso del Hábitat 2, este presenta un gran porcentaje de gramíneas tanto emergentes como circundantes, los cuales se utilizan en la alimentación del ganado vacuno que allí habita, así como una serie de plantas ornamentales.



**Figura 4 Hábitat 2, léntico con ausencia de vegetación flotante.**  
Tomada por: Natalia Valencia, 2006

## **4.2 Fase de Campo**

Con el fin de determinar la comunidad de los dos cuerpos lénticos y su relación con factores bióticos y abióticos, se realizaron muestreos cada quince días en dos épocas del año, lluviosa y seca. Se realizaron 4 muestreos en los meses de julio y agosto (Sequía) y 4 en los meses de octubre y noviembre (lluvia, Figura 1). Cada temporada de muestreo duró 2 días y se tuvieron en cuenta individuos adultos. Se observó y registro la abundancia respecto a la hora del día, para así determinar la actividad diaria. Cada cuerpo léntico se muestreó durante un día entre las 9 a.m. y 4 p.m. Para ello se usó el método de jameo. El esfuerzo de muestreo consistió en dos personas colectando de

manera constante durante 8 horas consecutivas. Los individuos que eran recolectados por primera vez y cuya clasificación se desconocía, eran capturados. Para preservarlos se fijaron con acetona durante 24 horas para después guardarlos una vez estuvieron secos ([www.ups.edu/biology/museum/ODcollecting](http://www.ups.edu/biology/museum/ODcollecting)). La identificación de los especímenes se realizó mediante, material de referencia, ayuda de especialistas y claves taxonómicas

Los individuos restantes se marcaron en las alas con un marcador indeleble, de punta delgada con un pequeño punto. El sexo al igual que la hora del día en la cual se capturaba el organismo, eran registrados.

Para relacionar la estructura en cada sitio de muestreo con factores abióticos, se realizaron las siguientes mediciones:

- Oxígeno Disuelto
- Conductividad
- Temperatura del agua
- pH
- Porcentaje de sombra

Las mediciones se realizaron cada 4 horas, es decir 3 veces para cada temporada de muestreo. Para ello, los sitios de muestreo dentro del cuerpo léntico fueron elegidos aleatoriamente para evitar cualquier sesgo. Todas las mediciones se realizaron en campo y se procuró mantener el electrodo siempre a la misma profundidad.

Se caracterizaron los diferentes microhábitats que se encontraron a lo largo del cuerpo léntico para así observar si existe algún tipo de relación entre estos y la comunidad. Para esto se tuvo en cuenta:

- Porcentaje de vegetación emergente
- Porcentaje de vegetación flotante.
- Porcentaje de vegetación marginal.

Sólo se tuvieron en cuenta individuos adultos, sin embargo se midieron variables que afectan las larvas de Odonatos, para determinar si los adultos seleccionan condiciones favorables para sus larvas futuras.

### **4.3 Análisis de Datos**

#### **4.3.1 Índices de Biodiversidad**

Según el texto del Convenio sobre Diversidad Biológica (UNEP, 1992), “por diversidad biológica se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”.

No hay lugar a duda que la biodiversidad es un fenómeno que se expresa a distintas escalas espaciales, temporales y biológicas, como lo es la diversidad alfa, beta y gamma y existen diferentes formas de caracterizar las comunidades a cada una de estas escalas (Ramírez, 2005).

Una de las formas más fáciles de caracterizar una comunidad es simplemente mediante el conteo o listado de las especies que están presentes, a lo cual se le denomina riqueza de especies. Sin embargo en la práctica resulta ser difícil y esto se debe en gran medida a que lo que se está muestreando es tan solo una submuestra. De esta forma, el número de organismos que se reporten dependerá en gran medida del esfuerzo de muestreo y del volumen de hábitat que se está explorando. Las especies comunes parecen en las primeras muestras y a medida que se aumenta el número de muestras, las especies raras serán añadidas a la lista (Begon *et al*, 1996).

Ahora, existen modelos matemáticos sencillos, mediante los cuales se puede estructurar y caracterizar una comunidad e introducen no solo el concepto de riqueza, también contempla la diversidad y la equitatividad. En



cuanto a los índices de diversidad, los más usados son el índice de Simpson y el de Shannon, a partir de los cuales se obtiene la equitatividad.

#### 4.3.1.1 Índice de Simpson

El índice de Simpson es tal vez una de las maneras más sencillas de caracterizar una comunidad. Tiene en cuenta tanto los patrones de abundancia (biomasa) así como la riqueza de especies y mide la probabilidad de que dos individuos, escogidos aleatoriamente de una población, pertenezcan a la misma especie.

Se calcula determinando, para cada especie, la proporción de individuos que dicha especie contribuye al total de la muestra:

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Donde:

S = Número total de especies.

P = Proporción de la especie i en la muestra.

Sin embargo, cuando se trata de poblaciones infinitas, como lo es en la mayoría de los casos, en donde es imposible contar todos los miembros de la comunidad, dicho índice se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\sum(n_i^2 - n_i)}{(N^2 - N)}$$

Donde:

$n_i$  = Número de individuos en la misma especie.

N = Número total de individuos en la muestra.

En la práctica, ambas fórmulas son aproximadamente igual cuando se substituye n por N.

#### 4.3.1.2 Índice de Shannon

Este índice es quizás el más usado en ecología de comunidades. Dicho índice es una medida del grado de incertidumbre promedio en predecir a que especie va a pertenecer un individuo que se elige aleatoriamente de un conjunto de S especies y N individuos y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

H tiene dos propiedades que lo han hecho un índice de gran uso:

1.  $H' = 0$ , cuando solo hay una especie en la muestra.
2.  $H'$  obtiene su máximo valor cuando todas las S especies están representadas por el mismo número de individuos, es decir, cuando hay una distribución pareja perfecta.

#### 4.3.2 Índice de Equitatividad

Cuando todas las especies en una muestra son igualmente abundantes, el valor de dicho índice será máximo y se acercará a cero cuando las abundancias relativas de la especie estén lejos de ser igualmente abundantes. Hurbert (1970) representó dicha propiedad mediante la siguiente fórmula:

$$V' = D / D_{\max}$$

Donde:

D = Diversidad obtenida mediante cualquier índice.

$D_{\max}$  = Valor máximo que puede obtener D.

Generalmente dicho valor máximo se obtiene mediante el logaritmo natural de S, es decir:

$$V' = D / \ln S$$

La equitatividad se puede cuantificar a través de cualquier índice de diversidad, bien sea Simpson o Shannon, y es independiente del número de especies que se tenga. Dicho índice puede fluctuar entre 0 y 1, correspondiendo el primero una total dominancia de una sola especie, mientras que un valor de uno expresa una distribución uniforme de los individuos entre las especies (Ludwig y Reynolds, 1988).

#### **4.3.3 Análisis de componentes principales (PCA)**

Las variables estudiadas se redujeron mediante un análisis de componentes principales, con el programa Statistix 8.0. Dicho análisis, es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión, es decir, del número de variables. Los nuevos componentes o nuevas variables, son una combinación lineal de las variables originales, independientes entre sí.

Para determinar la distribución temporal de los individuos, se analizaron los datos mediante estadística circular, a través de Oriana.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Generalidades y Diversidad:

Se capturaron un total de 529 individuos correspondientes a 3 familias de Odonatos. Las familias encontradas fueron Coenagrionidae con 256 individuos y 3 géneros, Libellulidae con 223 individuos y 4 géneros, finalmente y en una menor proporción Lestidae con 50 individuos y 1 género.

El número de individuos y los géneros colectados variaron entre lagos, encontrando 217 individuos y 8 géneros en el Hábitat 1, correspondiente a un hábitat con un porcentaje de vegetación flotante alto, y 312 individuos y 8 géneros en el lago 2, el cual corresponde al lago con mayor vegetación emergente y menor intervención antrópica.

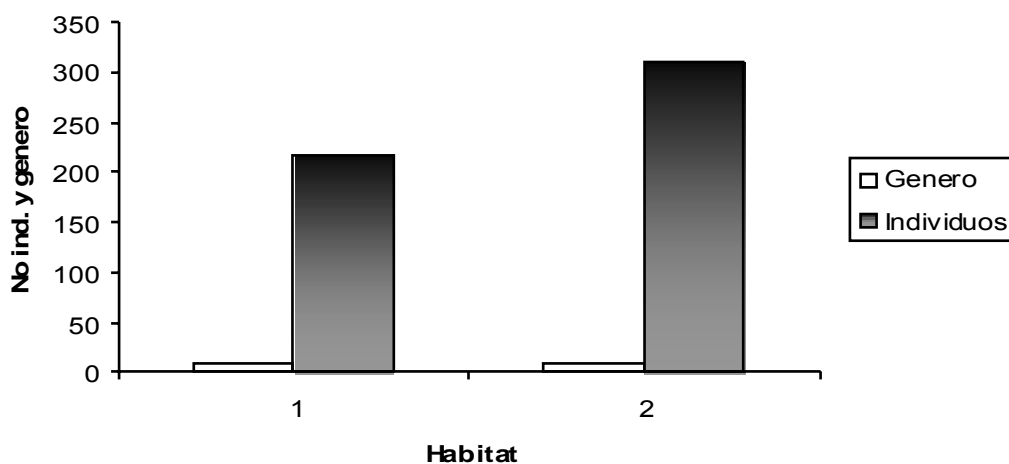
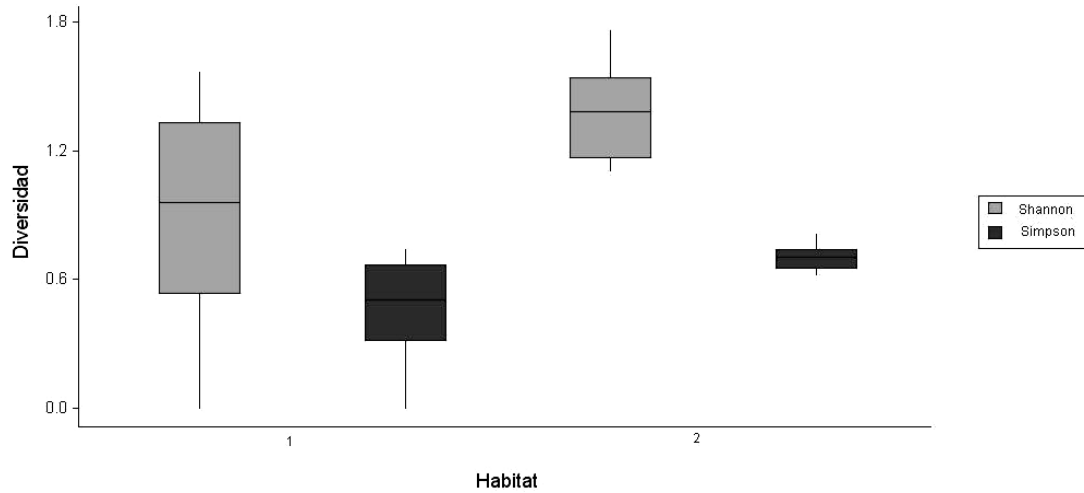


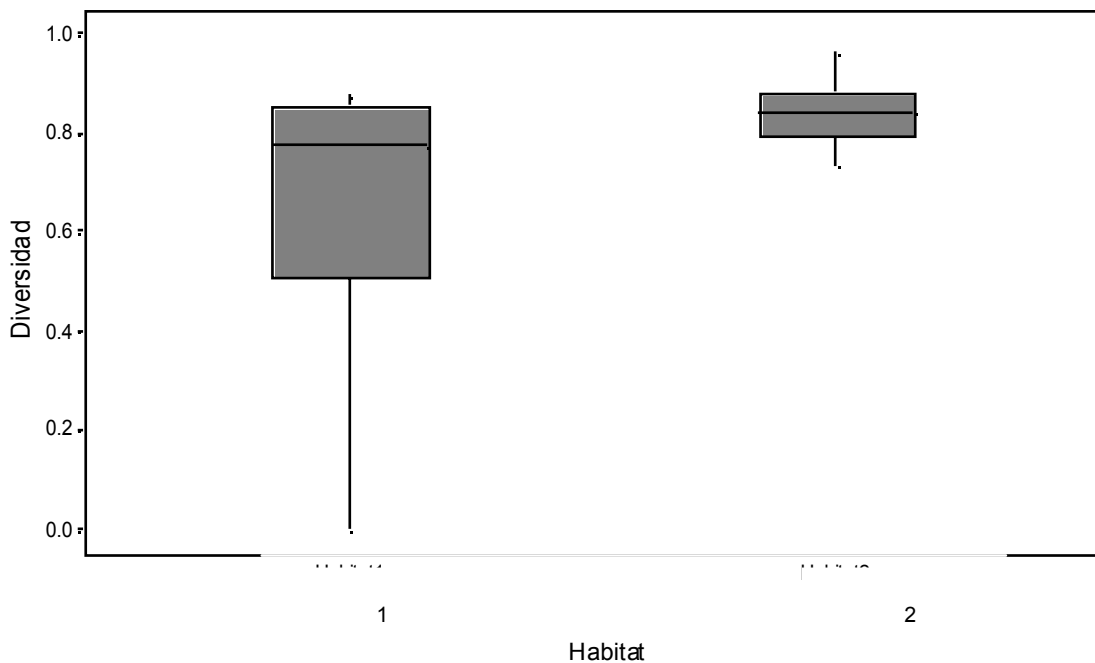
Figura 5. Número de individuos y géneros en función del hábitat.

En cuanto a diversidad, observando la Fig. 6, se identifica al hábitat 2 como el sitio más diverso, de acuerdo al índice de diversidad de Shannon ( $F = 5.28^{**}$ ,  $p = 0.375$ ,  $N = 16$ ) y de Simpson ( $F = 6.27^{**}$ ,  $p = 0.0253$ ,  $N = 16$ ).



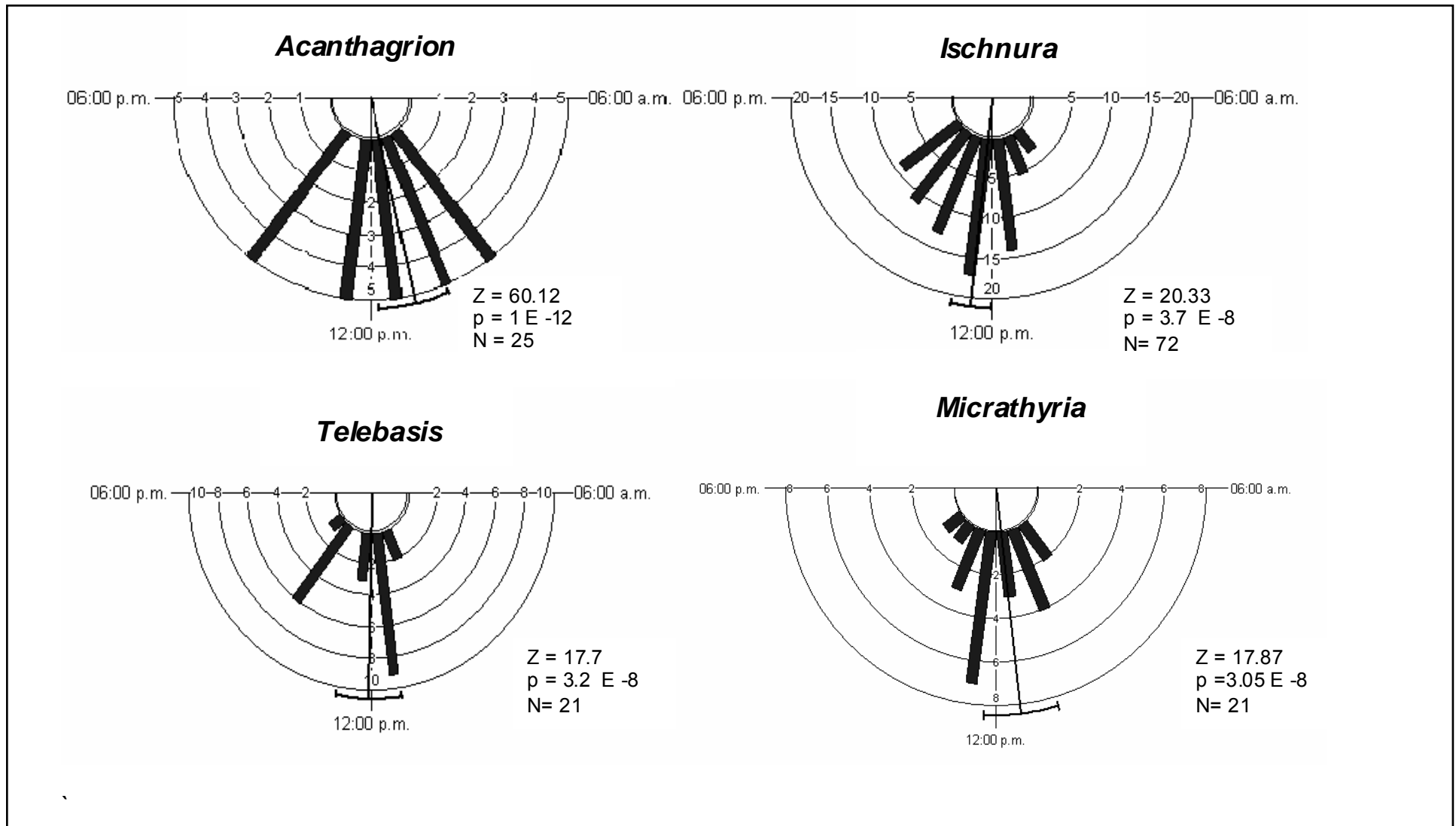
**Figura 6. Diversidad de los géneros en función de su hábitat.**

Los índices de equitatividad para cada uno de los hábitats estudiados se encuentran en la Fig. 7. No se encontraron diferencias ( $F = 3.27^{n.s}$ ,  $p = 0.0920$ ,  $N = 16$ ), sin embargo se observa que ambos hábitats presentan una equitatividad cercana a 1; es decir, corresponde a una distribución casi uniforme de los individuos entre los géneros encontrados.



**Figura 7. Equitatividad en función del hábitat**

## 5.2 Distribución Temporal:



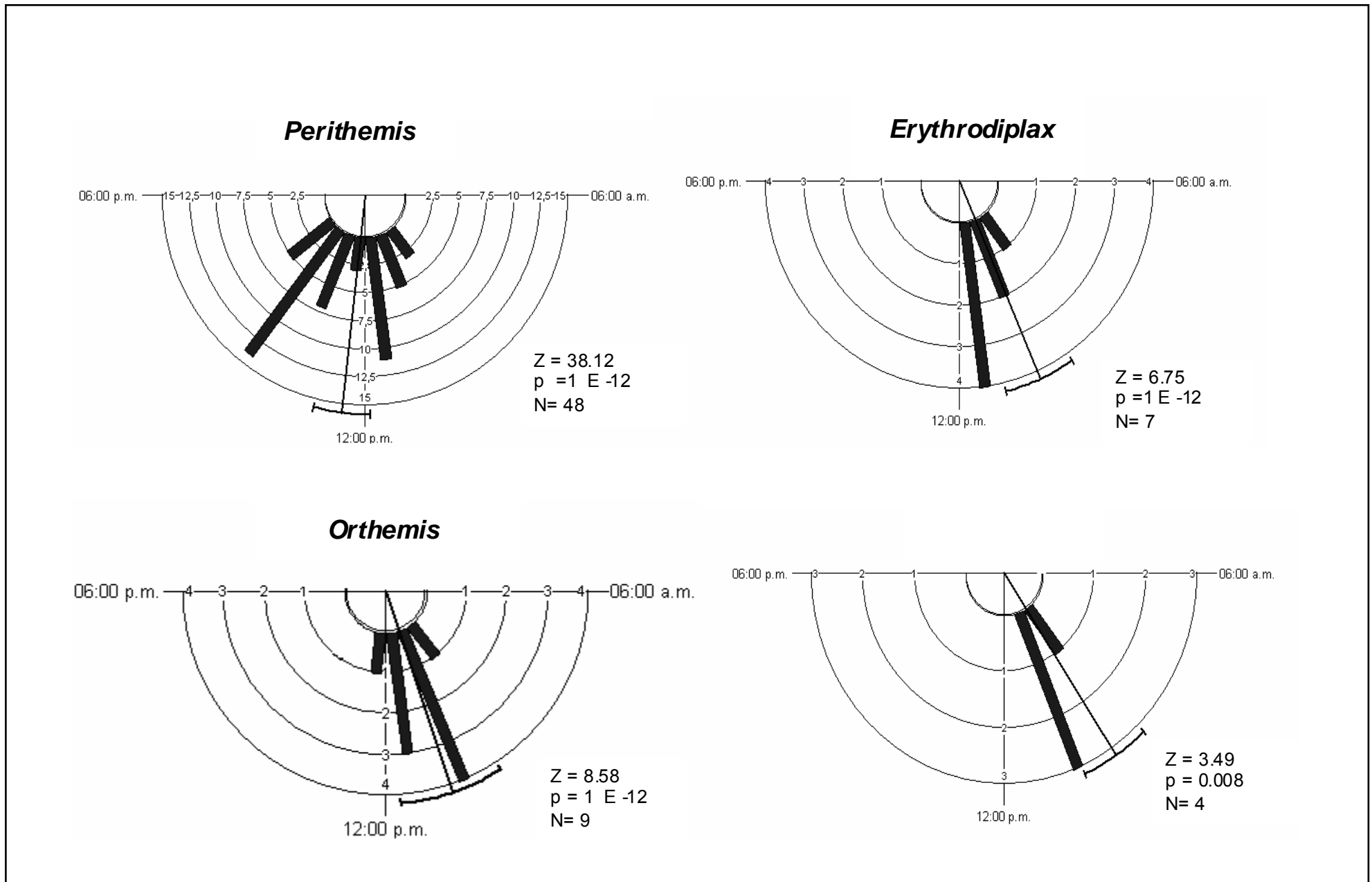


Figura 8. Distribución temporal de los géneros encontrados en época de sequía.

Los géneros encontrados en los dos sitios de muestreo iniciaban y terminaban sus actividades cerca o dentro del cuerpo léntico a diferentes horas del día. La Fig. 8. muestra la distribución temporal de los individuos encontrados desde las 9 a.m. hasta las 4pm, hora en que se daba por terminado el muestreo. Dicha gráfica corresponden únicamente al periodo de sequía.

Se observa que todos los géneros estudiados se empezaban a colectar entre las 9 a.m. y 10 a.m., siendo *Telebasis* el único que se colectaba a las 10 a.m.

Para el pico de densidad máxima, es posible categorizar los géneros en dos grupos. El primero de ellos, comprende los géneros cuya actividad va desde las 9 a.m. hasta las 11 a.m., en el cual se encuentran *Orthemis*, *Erythrodiplax* y *Lestes*. Por último, está el grupo que se centra en las horas del medio día, es decir entre las 12 p.m. y las 2 p.m. En dicho grupo se observaron *Ischnura*, *Telebasis*, *Micrathyria* y *Perithemis*. Cabe anotar que *Acanthagrion* no presenta pico alguno de actividad y de hecho, cuando dicho género se encuentra, el número de individuos a lo largo del muestreo es constante, de las 2 p.m. en adelante, ningún género reflejó alta densidad.

Los géneros nuevamente se pueden dividir en dos grupos, de acuerdo a la hora en que dan fin a sus diferentes actividades. El primero de ellos, de 9 a.m. a 12 a.m., agrupa los géneros *Lestes*, *Erythrodiplax* y *Orthemis*, y el segundo, aquel que comprende desde las 2 p.m. hasta las 4 p.m. incluye *Ischnura*, *Telebasis*, *Micrathyria*, *Perithemis* y *Acanthagrion*.

*Lestes*, *Erythrodiplax* y *Orthemis*, como se observa en la Fig. 4 presentan patrones de actividad corta que no sobrepasan las 2 horas para el caso de *Lestes*, 3 horas para el caso de *Erythrodiplax* y 4 horas de actividad para el caso de *Orthemis*.

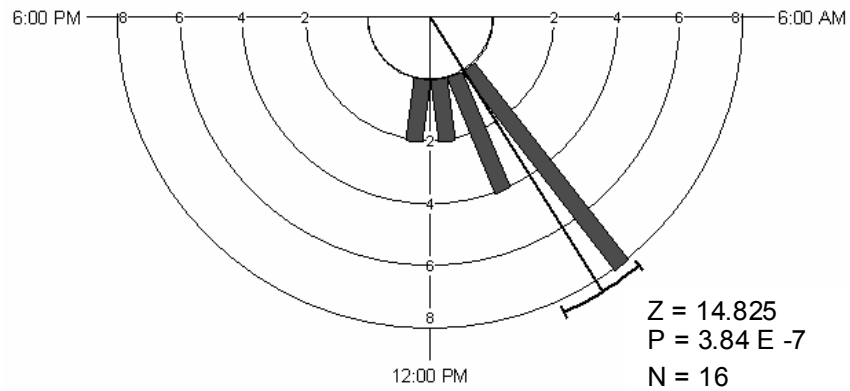
*Micrathyria*, *Perithemis* e *Ischnura* a diferencia de los géneros anteriormente mencionados, estuvieron activos durante periodos extensos y constantes en



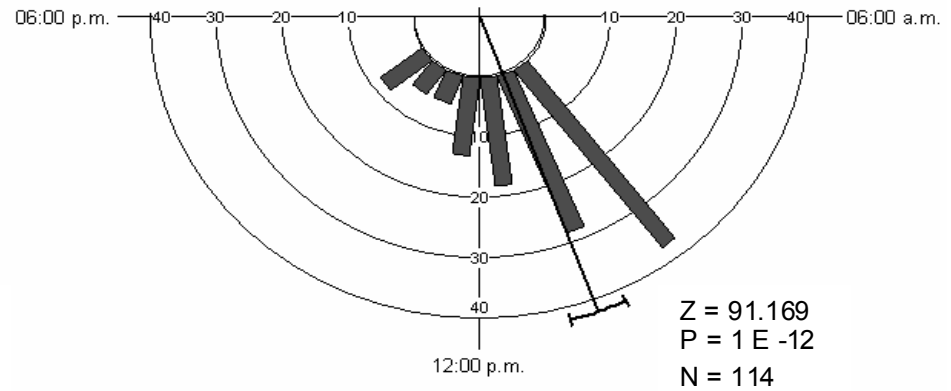
cuanto a su presencia y no a su abundancia; estando presentes desde las 9 a.m. hasta las 4 p.m., variando el número de individuos.

Los géneros restantes, *Telebasis* y *Acanthagrion*, tuvieron periodos irregulares. En el primer caso, no se presenciaron individuos durante 9 a.m. y 10 a.m. y entre 1 p.m. y 2 p.m.; y para el segundo género no se encontraron individuos entre la 1 p.m. y 2 p.m. y entre las 3 p.m. y 4 p.m.

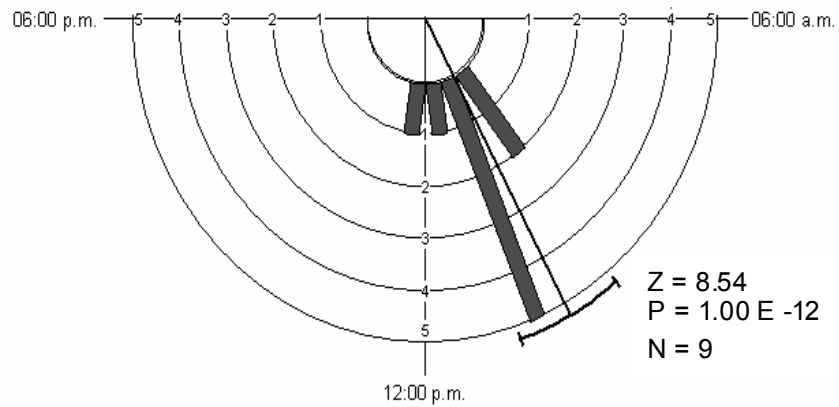
## Acanthagrion



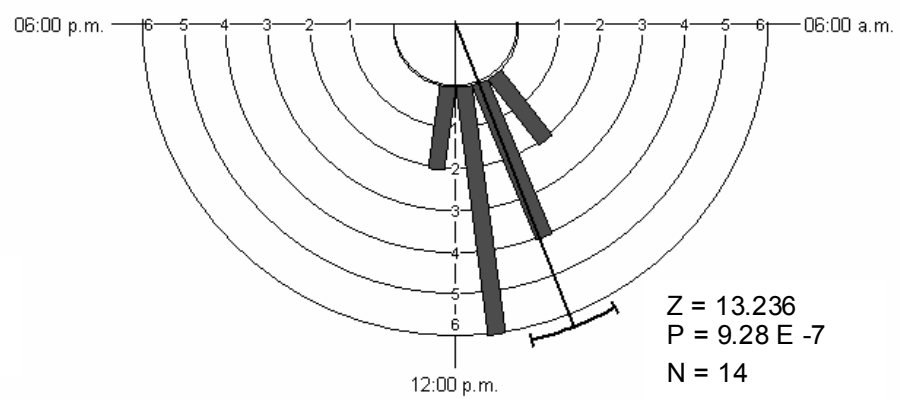
## Ischnura



## Telebasis



## Orthemis



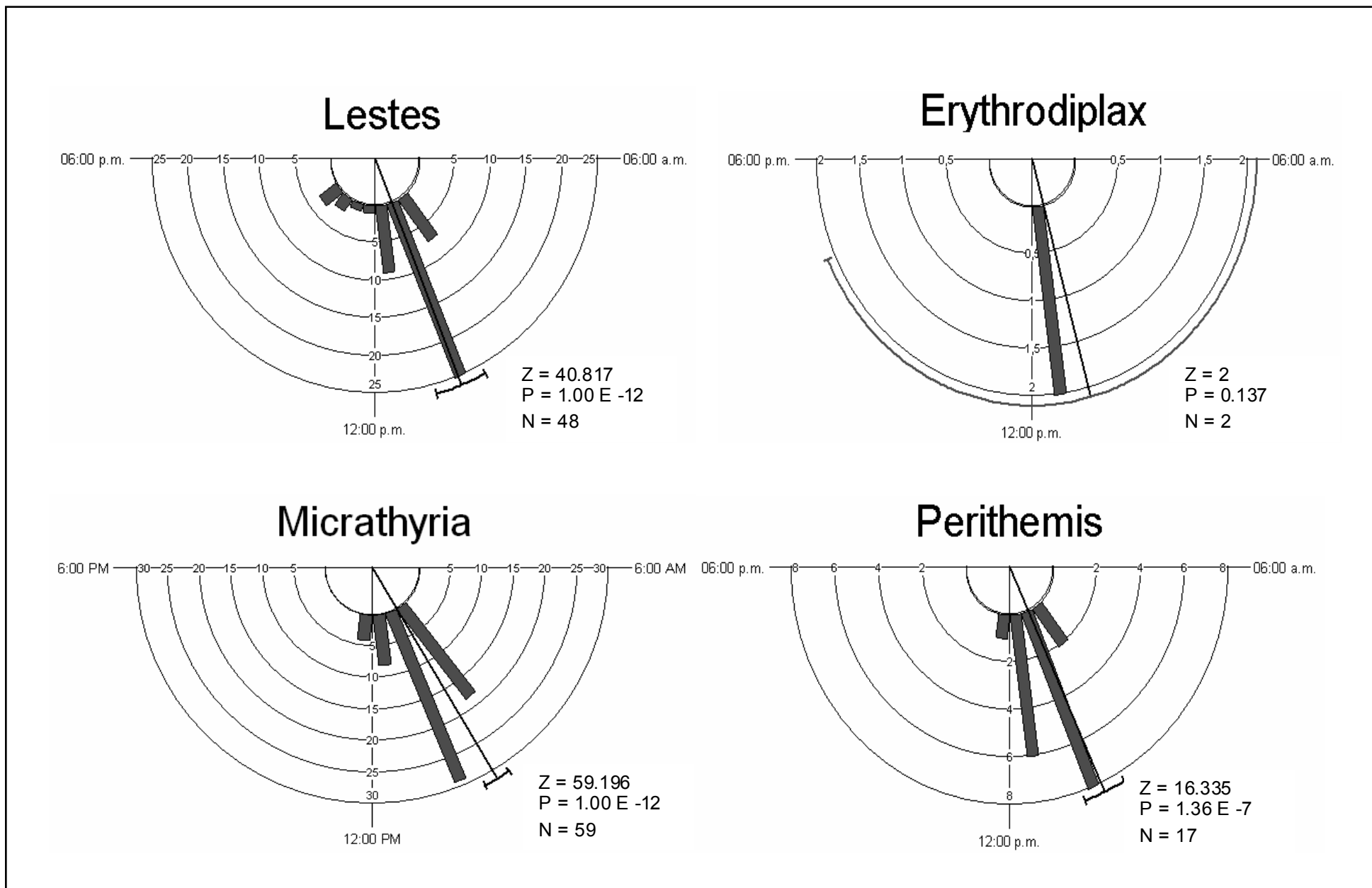


Figura 9. Distribución temporal de los géneros encontrados en época de lluvias.

La distribución temporal para los géneros en estudio en la época de lluvias se encuentra descrita en la Fig. 9. Al igual que en tiempos de sequía, los géneros encontrados presentan patrones claros tanto para el momento en que inician su vuelo, como para el pico máximo y el momento en que culminan su actividad. Todos los géneros inician sus actividades en las horas de la mañana, entre las 9 a.m. y 11 a.m., siendo *Erythrodiplax* el único de ellos que inicia actividad a las 11 a.m.

Contrario a lo encontrado en la época de sequía, los picos de densidad máxima de los géneros encontrados en la época de lluvias sólo se presentan en las horas de la mañana, entre las 9 a.m. y las 11 a.m., siendo *Orthemis* y *Erythrodiplax* los géneros que presentan el pico a las 11 a.m.

Finalmente, para la finalización de actividades, se evidencia una temprana culminación para todos los géneros, los cuales se pueden agrupar en dos categorías. El primero de ellos reúne aquellos géneros que finalizan entre 9 a.m. y 12 m, tales como *Acanthagrion*, *Micrathyria*, *Perithemis*, *Erythrodiplax*, *Telebasis* y *Orthemis*. De estos, solo *Erythrodiplax*, termina su actividad a las 11 a.m., los restantes a las 12m. El segundo grupo, corresponde a todos aquellos géneros que dan fin a sus actividades después del medio día, donde se encuentran *Ischnura* y *Lestes*, quienes terminan a las 3 p.m.

Se evidenció que los géneros que presentaron intervalos extensos de actividad fueron *Ischnura* y *Lestes*, quienes desde las 9 a.m. hasta las 3 p.m. estuvieron presentes; los restantes, se presenciaron solo en las horas de la mañana.

La siguiente tabla resume los patrones de actividad de cada uno de los géneros encontrados en las dos épocas estudiadas, de acuerdo a la clasificación de Corbet (1999).

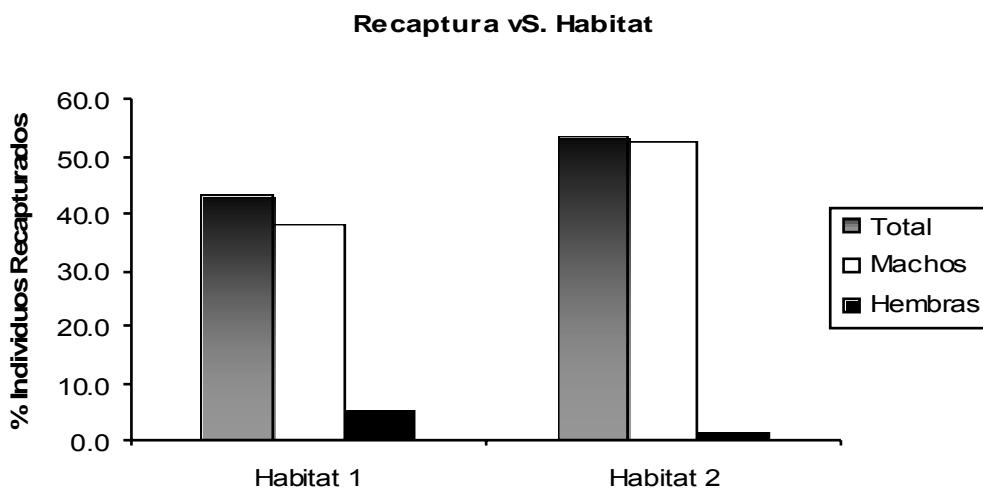
Género	Época	Designación
<i>Ischnura</i>	Sequía	UN
<i>Telebasis</i>		UF
<i>Orthemis</i>		UF
<i>Lestes</i>		UF
<i>Erythrodiplax</i>		UF
<i>Micrathyria</i>		UA
<i>Perithemis</i>		UA
<i>Ischnura</i>		Lluvias
<i>Telebasis</i>	UF	
<i>Orthemis</i>	UF	
<i>Lestes</i>	UF	
<i>Erythrodiplax</i>	UF	
<i>Micrathyria</i>	UF	
<i>Perithemis</i>	UF	

Tabla 1. Clasificación de los patrones de actividad según Corbet (1999) para los géneros encontrados. U=unimodal, N=12m. , F= <12 m, A = >12m.

Para cada uno de las épocas se determinó si los histogramas realizados, es decir, si los individuos capturados en las diferentes horas del día eran constantes a lo largo del muestreo. Para ello se realizó una prueba de uniformidad, Raleigh's Test, la cual confirmó con un 95% de confiabilidad, que los datos obtenidos no presentan uniformidad, es decir, la abundancia de los individuos varió a lo largo del día.

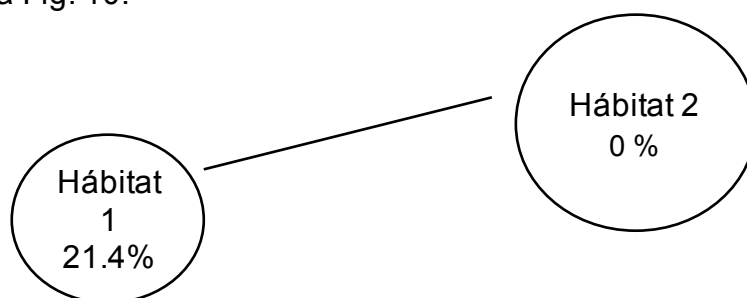
### 5.3 Dispersión:

Con el fin de observar si los géneros encontrados se dispersaban entre los dos hábitats (distancia: 450m), se marcaron un total de 529 individuos. Dentro de los ocho géneros reconocidos, *Micrathyria* fue el único que presentó dispersión, del cual se marcaron 122 individuos entre los dos hábitats; de estos, 21 se capturaron en el Hábitat 1 y los 101 restantes en el Hábitat 2.



**Figura 10. Porcentaje de individuos recapturados en los dos hábitats**

La tasa de recaptura fue aceptable pues más de un tercio de los individuos marcados fue recapturado sin importar el lugar. El porcentaje de recaptura fue mayor en el hábitat 2 (53.5%) seguido por el hábitat 1 (42.9%), como se observa en la Fig. 10.



**Figura 11. Diagrama de dispersión entre los hábitats en estudio.**

Por otro lado, el porcentaje de dispersión varió entre los sitios de estudio. El 14.3% de los individuos marcados del hábitat 1 fueron recapturados en un lago diferente al de su lago natal, es decir, fueron encontrados en el hábitat 2 y el 21.4% de las recapturas del hábitat 1 ocurrió en el hábitat 2. Por el contrario, para el hábitat 2, no se presenció dispersión alguna. Todos los individuos de dicho hábitat fueron recapturados en su lago natal (Tabla 2).

	No. Individuos	No. Recapturados	% Recapturados	No. Movidos	% Marcados dispersados	% Recapturados dispersados
Hábitat 1	21	9	42.9	3	14.3	21.4
Hábitat 2	101	54	53.5	0	0	0

Tabla 2. Número de individuos pertenecientes al género *Micrathyria* marcados, recapturados y dispersados en los hábitats

La influencia del sexo en la capacidad de dispersión se evaluó mediante la comparación del número de individuos marcados con el porcentaje de recaptura de acuerdo al sexo. Como se observa en la Tabla 3, se capturaron y se recapturaron menos hembras que machos.

Hábitat	No. Individuos marcados		% Recaptura	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
1	2	19	4.8	38.1
2	3	98	1.0	52.5
Total / Media	5	117	2.9	45.3

Tabla 3. Número de individuos marcados y porcentaje de recaptura de acuerdo al sexo.

Para el caso del hábitat 1 que fue el único en donde se presencié dispersión, el porcentaje de dispersión para los dos sexos resultó ser diferente entre sexos, como se observa en la Fig. 12.

### Sexo vs Dispersión

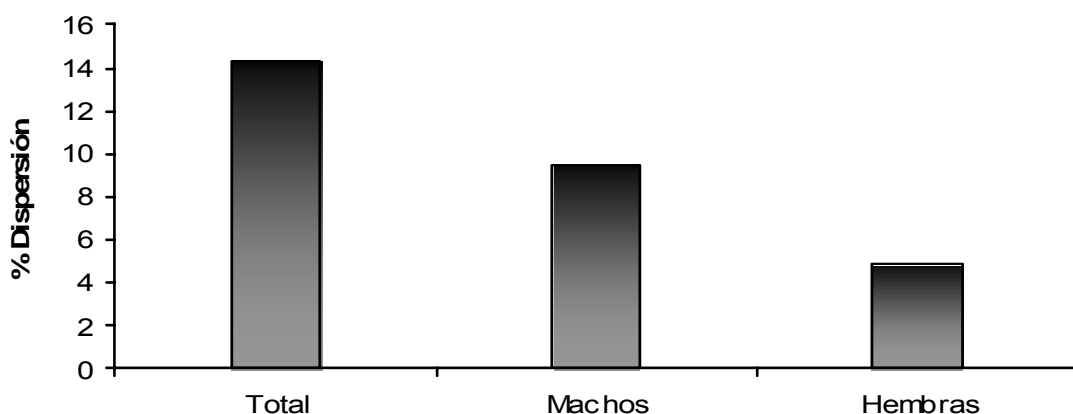
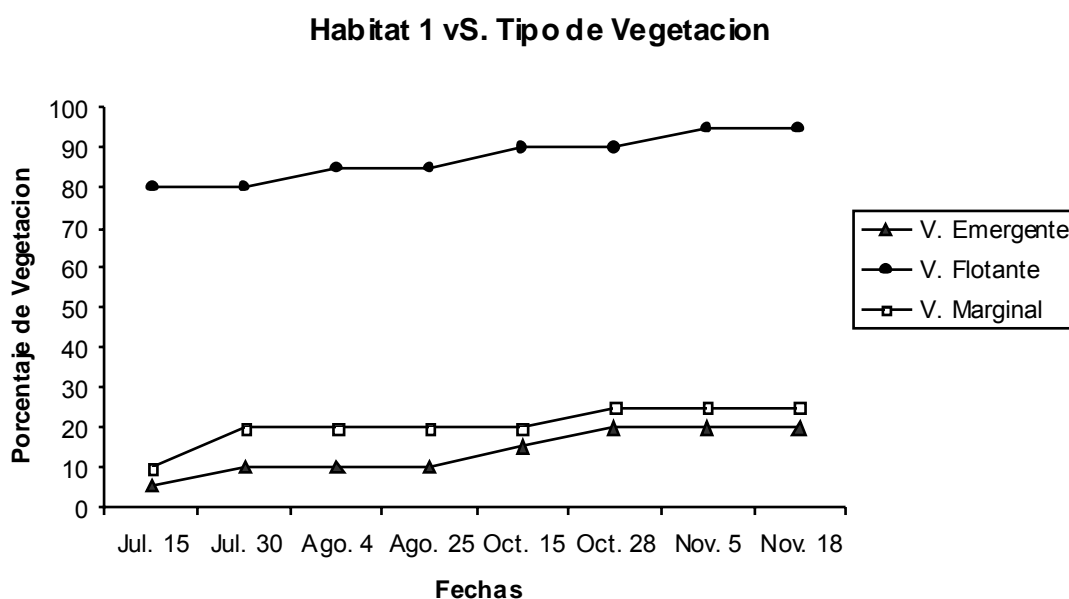


Figura 12. Efecto del sexo en la capacidad de dispersión (N=14)

#### 5.4 Factores Determinantes:

Se encontraron diferencias notorias en cuanto al porcentaje y tipo de vegetación que caracterizaba a cada cuerpo léntico. A lo largo del muestreo, los dos hábitats mostraron una tendencia clara a incrementar sus porcentajes.

Como se muestra en la Fig. 13, el primer hábitat presentó un porcentaje de vegetación flotante alto (entre 80% y 95%) y porcentajes de vegetación marginal y emergente medio, entre 5% - 20% y 10 - 25% respectivamente.



**Figura 13. Tipos de vegetación con sus respectivos porcentajes para el hábitat 1.**

Por el contrario, el hábitat dos se caracterizó por un alto porcentaje de vegetación flotante (70% - 95%), vegetación marginal medio, entre 10% y 50%, y ausencia de vegetación flotante durante todas las fechas de muestreo (Fig. 14).



### Habitat 2 vS. Tipo de Vegetacion

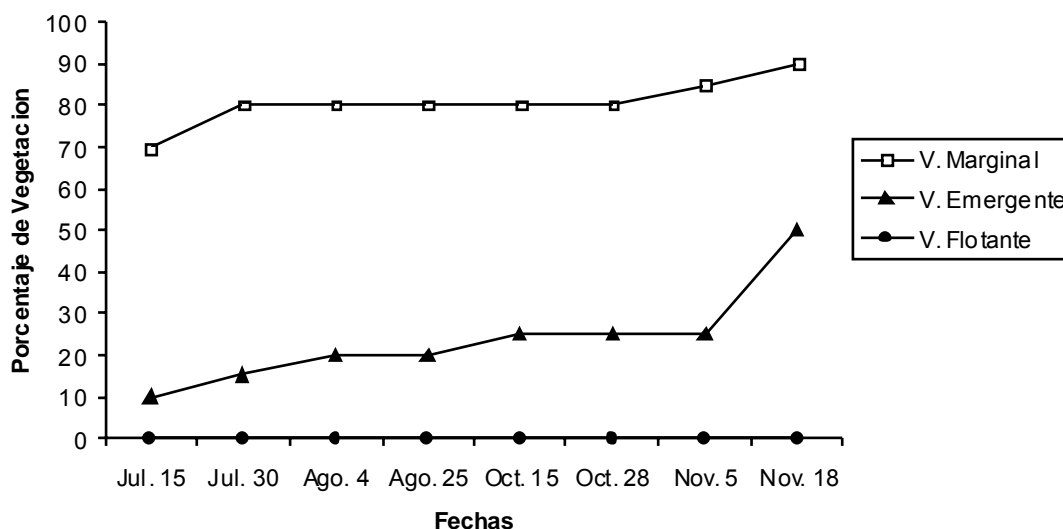
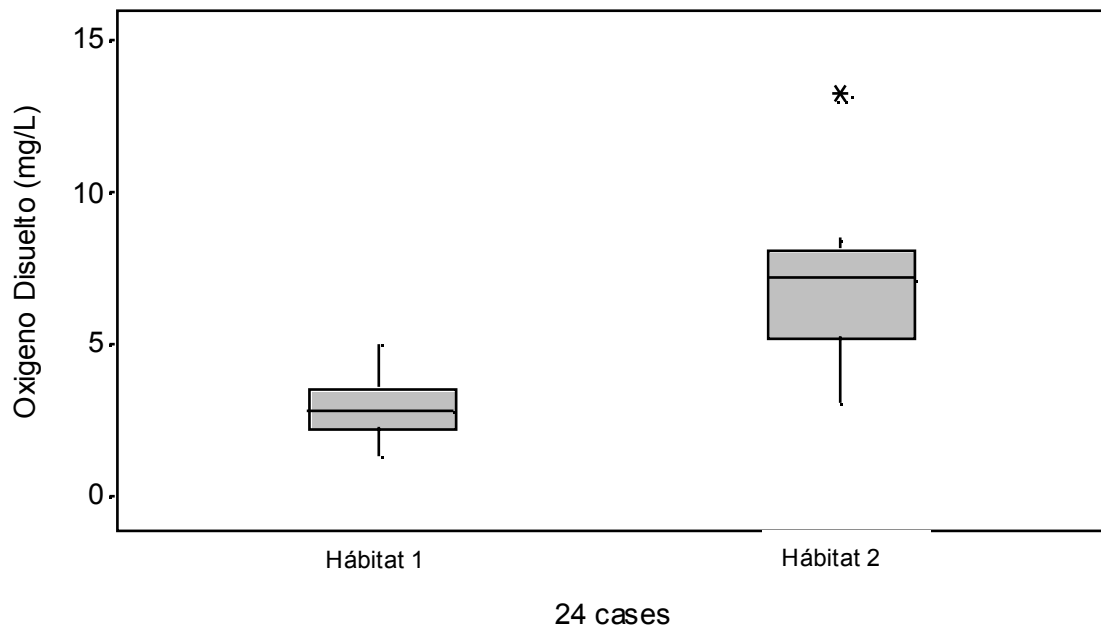


Figura 14. Tipos de vegetación con sus respectivos porcentajes para el hábitat 2.

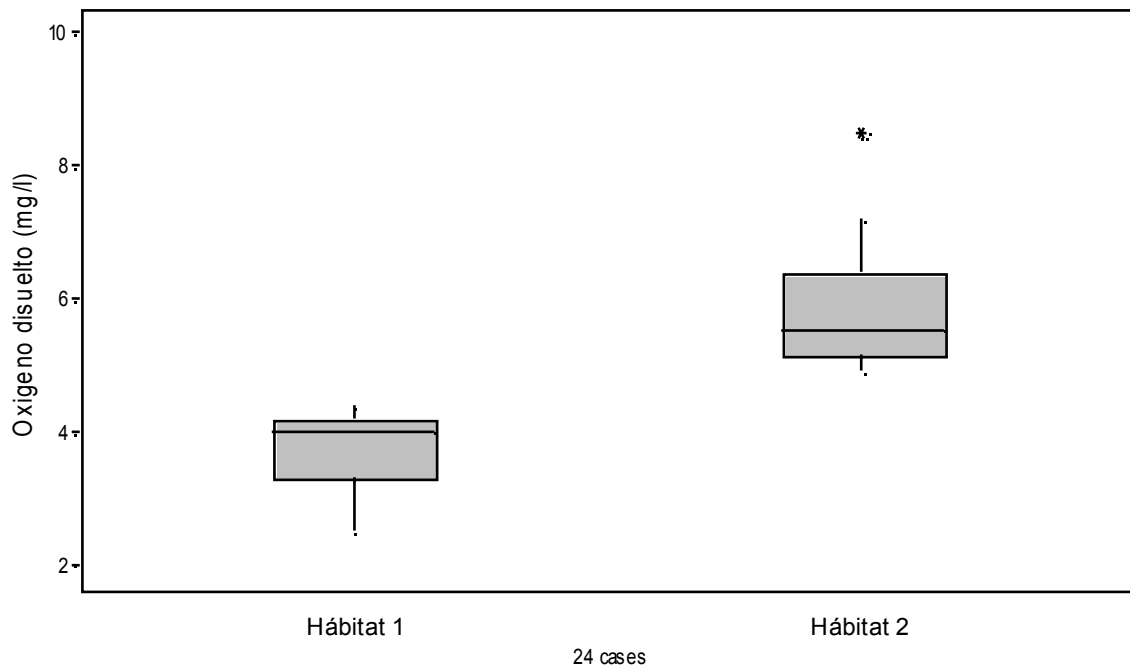
Para las variables fisicoquímicas, se realizó una prueba de comparación de medias mediante Tuckey (AOV, Statistix 7.0), con una significancia de 5% para determinar si existían diferencias entre las variables fisicoquímicas medidas entre los dos hábitats estudiados para cada uno de las épocas.

De las cuatro variables estudiadas solo el oxígeno disuelto fue significativamente diferente en los dos hábitats ( $F = 24.8^{**}$ ,  $p = 0.0001$ ). La media de oxígeno disuelto para el hábitat 1 fue mucho más baja (2.98 mg/L) que para el hábitat 2 (7.03 mg/L), como se observa en la Fig. 15.



**Figura 15. Box and Whisker Plot de O<sub>2</sub> para el hábitat 1 y 2 en época de sequía (N=12, F = 24.8<sup>\*\*</sup>, p = 0.0001).**

Se realizó una comparación de medias para los dos tipos de hábitats en la época de lluvias. Al igual que los resultados obtenidos para la época de sequía, solo el oxígeno disuelto fue significativamente diferente (N = 24, F = 36.3, p < 0.001), en los dos hábitats. La media de oxígeno disuelto para el hábitat 1 fue mucho más baja (3.77 mg/L) que para el hábitat 2 (5.94mg/L), como se observa en la Fig. 16, siendo esta última un poco menor que la obtenida para el mismo hábitat en la época de sequía.



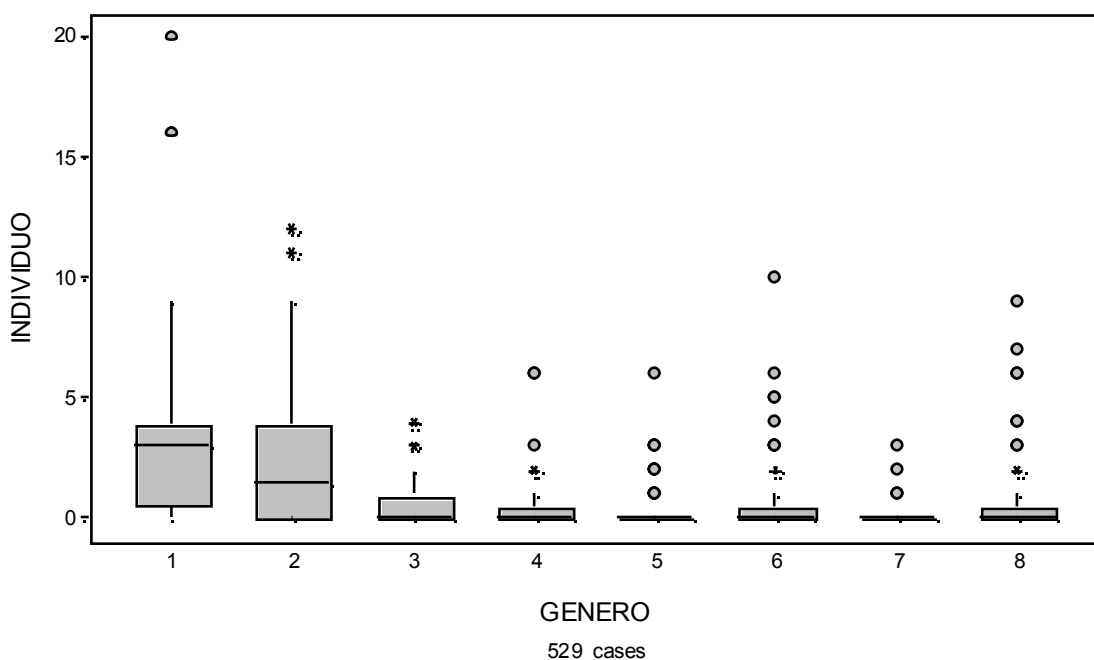
**Figura 16. Box and Whisker Plot de O<sub>2</sub> para el hábitat 1 y 2 en época de lluvias ( N = 24, F = 36.3, p < 0.001 )**

A pesar de que sólo una variable fue significativamente diferente, se determinó si las variables medidas estaban asociadas a la composición de la comunidad de odonatos en los dos hábitats. En primer lugar, mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA), se redujo el número de variables iniciales, el cual arrojó una matriz de cuatro variables, las cuales explican el 72.5% de la variación acumulada. Dichas variables son:

- Vegetación Flotante
- Vegetación Marginal
- Conductividad
- Porcentaje de sombra

A partir de dicha reducción, se realizó un Análisis de Varianza (General AOV/AOCV, Statistix) para todos los datos del estudio, el cual permitió determinar que sí existían diferencias entre los géneros encontrados (N = 529, F = 14.59<sup>\*\*</sup>, p < 0.001), entre los lagos muestreados (N = 529, F = 6.41<sup>\*\*</sup>, p = 0.0117) y entre las épocas en las cuales se realizó el estudio (N = 529, F = 5.32<sup>\*\*</sup>, p = 0.0216).

Las diferencias entre los géneros encontrados son bastante fuertes, como se evidencia en la Fig. 17. *Ischnura* y *Micrathyria* fueron los géneros que más se encontraron, seguido de *Acanthagrion*. *Telebasis*, *Perithemis* y *Lestes* se presentaron en menor medida; y géneros como *Orthemis* y *Erythrodiplax* se recolectaron en menor medida. Con respecto a la época, la diferencia es evidente, ya que el número de individuos colectados en sequía dobló el número muestreado en lluvias; 337 capturas para la primera época y 192 para la segunda.



**Figura 17. Box and Whisker Plot de número de individuos para cada género. 1 = *Ischnura*, 2 = *Micrathyria*, 3 = *Acanthagrion*, 4 = *Telebasis*, 5 = *Orthemis*, 6 = *Perithemis*, 7 = *Erythrodiplax*, 8 = *Lestes*. (N = 529, F = 14.59 \*\*, p = 0.000).**

Por otro lado se realizó un análisis de covarianza en forma generalizada para todos los géneros. Se determinó con un 90% de confiabilidad, que la conductividad ( $T = 3.303^{**}$ ,  $p = 0.0026$ ), la sombra ( $T = -3.67^{**}$ ,  $p = 0.0003$ ) y la vegetación flotante ( $T = 2.02^{**}$ ,  $p = 0.0442$ ) influían en la composición de la comunidad. Sin embargo para determinar que tanto afectaban dichas variables a cada género, se aplicó este mismo análisis para cada uno de los géneros, en forma independiente, obteniendo los siguiente resultados:

*Ischnura* y *Lestes*: Se encontraron diferencias tanto en la época como en el sitio de estudio, obteniendo mayor número de individuos en el hábitat 1 en la época de sequía, para el primer género; y para el segundo, el mayor número de individuos ocurrió en la época de lluvias en el hábitat 2. La vegetación flotante fue determinante en la presencia de *Ischnura*, *Lestes* por el contrario se vio determinado por el porcentaje de vegetación marginal. Sin embargo, la sombra fue un factor crucial para ambos géneros, obteniendo una relación positiva con el tipo de vegetación y por el contrario, una relación inversa con el porcentaje de sombra.

*Micrathyria*: Para este caso, se encontraron diferencias tanto en la época como en el sitio de estudio, obteniendo mayor número de individuos en el hábitat 1 en la época de sequía. Así mismo, se determinó que el número de individuos era inversamente proporcional al porcentaje de sombra en los dos hábitats.

*Acanthagrion*: La sombra, la vegetación marginal, el sitio de muestro y la época parecen ser factores determinantes en *Acanthagrion*. El hábitat 2, en época de sequía presentó mayor abundancia que el hábitat 1 en época de lluvias.

*Telebasis*: La presencia de dicho género parece estar determinada, al igual que *Acanthagrion*, por la sombra, la época; sin embargo la conductividad y la vegetación flotante no dejan de ser variables importantes. Se obtuvo mayor número de colectas en el hábitat 2 en época de sequía.

*Orthemis* y *Erythrodiplax*: La presencia de dichos géneros no se vio afectada por ninguna de las variables medidas en el estudio.

*Perithemis*: Al igual que la mayoría de los géneros nombrados anteriormente, la época, el lago, la conductividad, y la sombra fueron factores determinantes en la presencia de dicho género. Nuevamente la sombra y el número de individuos presenta una relación inversa. *Perithemis* fue más

abundante en época de sequía y se encontró con mayor frecuencia en el hábitat 2.

Genero	Variables Asociadas					
	Época	Hábitat	Sombra	Conductividad	Veg. Flotante	Veg. Marginal
<i>Ischnura</i>	X	x	X		x	
<i>Micrathryia</i>	X	x	X			
<i>Acanthagrion</i>	X	x	X		x	x
<i>Telebasis</i>	X		X	x	x	
<i>Orthemis</i>						
<i>Perithemis</i>	X	x	X	x		
<i>Erythrodiplax</i>						
<i>Lestes</i>	X	x	X			x

Tabla 4. Factores asociados con la abundancia de los géneros en estudio.

La Tabla 4, resume las variables determinantes para cada uno de los géneros estudiados.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Un total de 8 géneros fueron colectados en el presente estudio teniendo en cuenta 8 variables fisicoquímicas y ambientales, las cuales fueron reportadas en estudios pasados como factores determinantes en el ensamblaje de comunidades de dichos insectos (Chowdhury *et al*, 1983; Lugo-Soto *et al*, 1994; Lutz *et al*, 1970; Osborn, 2005; Clausnitzer, 2003). De acuerdo a los índices de diversidad calculados y de acuerdo a estudios de odonatos neotropicales, la zona de estudio no presenta una diversidad alta. Esto se debe a que el área de estudio es bastante pequeña y además presenta un alto grado de intervención. Esto concuerda con un estudio realizado por Balinsky (1970), quién demostró que la riqueza de hábitats naturales es mucho más alta que la de cuerpos artificiales, pues los primero ofrecen una mayor diversidad de hábitats para la colonización.

Por otro lado, los hábitats estudiados no presentaron mayor diferencia en cuanto a las variables fisicoquímicas medidas, sin embargo si se presentaron diferencias en cuanto al tipo y porcentaje de vegetación que se encontraban en las charcas. Los géneros encontrados estuvieron presentes en los dos hábitats

estudiados, sin embargo la abundancia varió entre estos, encontrando mayor número de individuos en el hábitat 2, el cual resultó ser el más diverso, de acuerdo al índice de equitatividad, de Simpson, y de Shannon.

### 6.1 Distribución Temporal:

Los Odonatos, al ser especies cuyo ciclo de vida es corto, responden de manera notable a los ritmos diurnos (Ramírez, 2005). Los estadísticos circulares realizados para determinar la distribución temporal de cada uno de los géneros en las dos épocas de estudio, así lo demuestran, pues se evidencia una gran variación tanto a nivel de época como de género.

Sin importar la época, todos los individuos iniciaban sus actividades en las horas de la mañana, entre las 9 a.m. y 11 a.m. Con ciertas excepciones, la mayoría de los géneros en especial en sequía, presentaron una distribución normal a lo largo del día. Sin embargo, cuando se analizó el pico de densidad máxima, se encontraron diferencias; no todos los géneros presentaron el pico de densidad máxima a la misma hora y cada uno de ellos presentó patrones de distribución temporal diferentes.

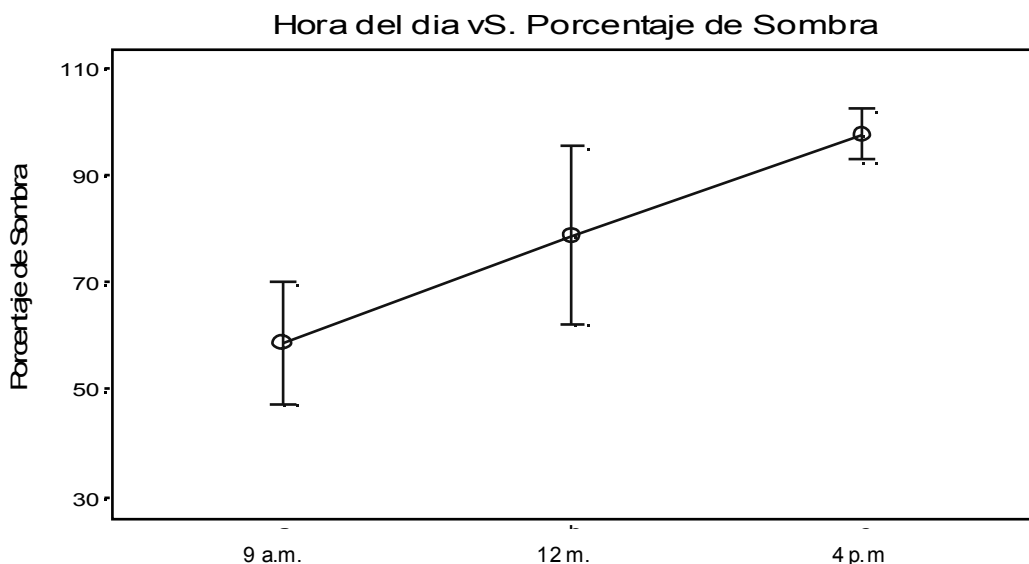
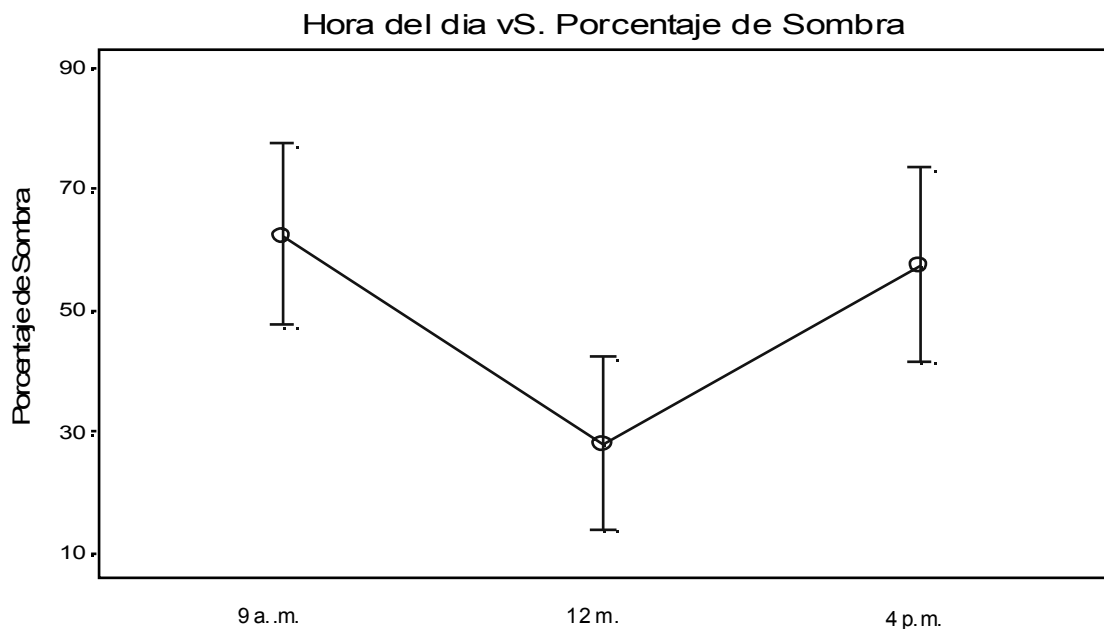


Figura 18. Porcentaje de Sombra a lo largo del día en época de lluvias.

Los géneros en la época de sequía se agruparon en dos; aquellos que presentaron picos en las horas de la mañana y aquellos que lo presentaron en las horas de la tarde. Sucedió lo contrario para el caso de la época de lluvias, pues durante este periodo, todos los géneros presentaron pico de densidad máxima antes de las 11 a.m.

De acuerdo a estos resultados se podría pensar que la variación en las densidades máximas de los géneros, esta siendo determinada por una serie de factores tanto bióticos como abióticos. Dichos cambios en la densidad, pueden estar relacionados con los cambios en las abundancias o distribución de otros organismos; entre los que pueden estar presas, competidores y predadores. Sin embargo, este no sería el caso, pues los resultados de estos cambios se verían reflejados a largo plazo y no serían el resultado de variaciones a una escala temporal tan pequeña; lo cual confirmaría que dichas variaciones se deben más a factores abióticos. No obstante, en las observaciones realizadas en campo, se contemplaron ciertos ataques por territorios entre especies y no se evidenció depredación.



**Figura 19. Porcentaje de sombra a lo largo del día en época de sequía.**

La temperatura podría ser uno de los factores abióticos que estarían jugando un papel importante en la determinación de los patrones de actividad



de los géneros, más cuando se trata de organismos ectotermos, quienes dependen de la temperatura ambiental para regular todas sus actividades. Y de hecho, así lo sostiene Corbet (1963) quién afirma que la fluctuación diaria de dicha variable es quizás el factor más importante determinando la actividad de los odonatos adultos. Lutz *et al* (1969) propone que la intensidad lumínica puede llegar otro factor a considerar. Ahora, a pesar de que no se registraron datos sobre temperatura ambiental e intensidad lumínica, el porcentaje de nubosidad es una medida indirecta de las variables anteriormente nombradas y de acuerdo a los resultados obtenidos esta es inversamente proporcional al número de individuos por hora, es decir, a mayor sombra menor es la densidad de los individuos. Dichos resultados se hacen evidentes al comparar la distribución temporal de los individuos (Fig. 8 y Fig. 9) con los índices de nubosidad (Fig. 18 y Fig. 19), para cualquiera de las dos épocas.

*Lestes* fue la única excepción, pues aumentó el periodo de actividad notablemente entre sequía e lluvias. En la primera época, su actividad se restringió a dos horas en la mañana y en la segunda se evidenció actividad durante todo el día. Por esta razón se podría considerar que dicho género, es uno de los pocos que permanecen activos bajo la lluvias, y por tanto se ve favorecido al incrementar la pluviosidad.

La baja densidad encontrada en la época de lluvias, obedece a las fuertes lluvias y al gran porcentaje de nubosidad, que caracterizaron los datos recolectados; en especial en las horas de la tarde, como se observa en la Fig. 18. Dicho resultado reafirma una vez más la importancia que tienen las estaciones en los ritmos endógenos de las especies tropicales, en especial, especies asociadas a las aguas continentales (Ramírez, 2005).

## **6.2 Dispersión:**

Siendo los Odonatos organismos de alas grandes se esperaba que gran parte de los géneros encontrados se dispersaran a otros hábitats, debido a su gran movilidad. Sin embargo, sólo se logró cuantificar la dispersión de un género: *Micrathyrina*. El porcentaje de individuos recapturados que se

desplazaron fue alto (21.4%) para el hábitat 1 (Tabla 1). No obstante, es importante recalcar que para ese hábitat en especial el número de individuos marcados no fue lo suficientemente alto (N=21).

Los estudios sobre dispersión de libélulas son pocos y no existe ninguno sobre *Micrathyria*, razón por la cual se dificulta la comparación de los datos obtenidos. Sin embargo, los estudios realizados con anterioridad han obtenido tasas de dispersión bajas; Angelibert *et al*, 2003 reportaron tasas entre el 4% y 17% para *Coenagrion puella*, *Coenagrion scitulum* y *Libellula depressa*. Por otro lado, Conrad *et al*, (2002), consiguieron tasas de 15.9% para *Ischnura elegans* y 10.3% para *Coenagrion puella*. Sin embargo, los resultados obtenidos difieren de los reportados, pues se reportó que para *Micrathyria* la tasa de dispersión en este hábitat en particular fue de 21.4% y según a Conrad *et al* (1999) tasas superiores a 10% son poco comunes.

De acuerdo a los resultados de este estudio los Anisoptera tienen mayor probabilidad de dispersión que los Zygoptera, sobre todo cuando se trata de grandes distancias (450 m como en este estudio). La probabilidad de dispersión, según Conrad *et al* (1999) incrementa con el tamaño de la especie, así especies más grandes pueden desplazarse a hábitats que estén más lejos. Se esperaría entonces que géneros como *Orthemis* se dispersaran grandes distancias. Desafortunadamente, en el presente estudio no se logró cuantificar esto, debido a la dificultad que se presentó en campo para capturar dicho individuos. Sin embargo, no hay que descartar la posibilidad de que se presente esta característica.

La distancia es otro factor a tener en cuenta en la dispersión, y al parecer, las poblaciones suelen estar restringidas a su lago natal, en especial especies pequeñas como Coenagrionidae (Angelibert *et al*, 2003). El hecho de que no se presentará dispersión en *Acanthagrion*, *Ischnura* y *Telebasis* confirma esta hipótesis. Finalmente los factores abióticos juegan un rol importante, es especial aquellos relacionados con el clima, como es el caso de las lluvias, pues estos factores determinan los días en los que los individuos son capaces de moverse de un hábitat a otro.

En cuanto al sexo, los machos y las hembras tienen diferentes habilidades para dispersarse. Según Begon *et al* (1996), dichas diferencias son bastante fuertes en insectos, siendo los machos los dispersores más activos. Considerando los odonatos, los resultados confirman esta premisa. El porcentaje de individuos, tanto capturados como dispersados fue mucho mayor en machos que en hembras (Fig. 8.). La baja tasa de recaptura de las hembras puede deberse a una diferencia comportamental entre los sexos, puesto que las hembras visitan los cuerpos de agua en menor proporción que los machos; es por esta razón que la probabilidad de recapturar hembras es menor. Así mismo, la vida media de cada sexo puede influir sobre este resultado, pues varios estudios (Conrad *et al*, 2002; Sánchez, 2006; Angelibert, 2003; Córdoba-Aguilar, 1994) han demostrado que las hembras tienden a presentar expectativas de vida inferiores. Sin embargo y dado que no se determinó la expectativa de vida para los géneros en estudio, es difícil poder confirmar dicha hipótesis.

Como se discutió anteriormente, a pesar de que no se cuantificaron los ataques entre especies, si se observaron enfrentamientos, en especial entre machos donde el individuo que era atacado se apartaba del cuerpo léntico. Esta evidencia de competencia interespecífica, puede llegar a explicar el alto porcentaje de dispersión en machos, pues se trata de individuos con un comportamiento territorial marcado. Moore (1964) demuestra que dicha competencia tiene dos efectos principales. En primer lugar reduce la densidad y segundo, contribuye a la dispersión de machos maduros a otros sitios. Por lo tanto es probable que los machos del hábitat 1 se dispersaran al hábitat 2, pues este es de mayor tamaño y puede brindarles mayor número de territorios.

### **6.3 Factores Asociados:**

De acuerdo al análisis de varianza se determinó que los hábitats en estudio se diferenciaban por el oxígeno disuelto y por el porcentaje de vegetación que presentaban. Los parámetros limnológicos estudiados variaron entre hábitat y entre época del año. En general, todas las variables fueron más altas en la época de sequía.

Para establecer cuales eran los factores determinantes de cada género, se realizó un análisis de covarianza el cual dio como resultado, que tanto los factores bióticos como abióticos son variables asociadas y por tanto podrían determinar la presencia de individuos. De acuerdo a estudios realizados con anterioridad (Osborn, 2005) los niveles de oxígeno tienen un peso importante en la sobrevivencia de odonatos, en especial Anisoptera, pues estos son susceptibles a la hipoxia. Por tal razón es posible afirmar que la gran abundancia de libelúlidos encontrados en el hábitat 2 es el reflejo del alto nivel de oxígeno encontrado allí.

Según los análisis realizados, la mayoría de los géneros se vieron afectados por el hábitat en que se muestreó, la época y el porcentaje de sombra; lo cual demuestra una vez más la importancia de los patrones de lluvias en la distribución de los odonatos. Ahora, dicho efecto se presenta más que todo en zonas tropicales que presentan lluvias bimodales (Apodaca, 2004), como es este el caso. La relación negativa entre la sombra y el número de individuos por género sugiere un fuerte peso de la temperatura en la termorregulación y por ende en el comportamiento de las especies. Las diferencias en la composición de las comunidades, se debieron a las diferencias encontradas en cuanto al porcentaje y tipo de vegetación existente, sí como probablemente al tamaño del cuerpo léntico.

*Acanthagrion*, *Telebasis*, *Ischnura* y *Lestes*, fueron los géneros cuya presencia se vio explicada por algún tipo de vegetación. Los dos primeros, por la vegetación marginal y los dos últimos por la vegetación flotante. Los resultados obtenidos concuerdan con estudios realizados con anterioridad. Johnson *et al* (1970) demuestran que géneros como *Ischnura*, se presentan donde el porcentaje de vegetación flotante es alta, y en lugares donde el área se encuentra bastante intervenida (Clausnitzer, 2003). Por otro lado, *Lestes*, según Suh *et al* (2005) se encuentra asociado a hábitats con alto porcentaje de vegetación marginal, como ocurrió en este estudio. Los resultados obtenidos revelan una vez la importancia de la vegetación en el ensamblaje de las comunidades de odonatos. La presencia de dichos géneros junto con *Perithemis*, al estar restringidos por más de una condición, se pueden postular

como especies indicadoras de cambios en el hábitat, pues sus requerimientos son bastante estrictos. Sucede lo contrario con *Orthemis* y *Erythrodiplax*, cuya presencia no se vio afectada por ninguna de las variables medidas, es decir, dichos géneros son capaces de proliferar en un rango amplio de situaciones, al menos para este estudio en particular.

A pesar de que se encontraron los mismos géneros en los dos sitios de estudio, el número de individuos varió sustancialmente. En primer lugar, 306 individuos pertenecientes al súper-orden Zygoptera fueron recolectados a lo largo del muestreo; de estos, 160 se encontraron en el hábitat 2. Como se observa en la Fig. 9 el hábitat en cuestión fue el que presentó mayor porcentaje de vegetación marginal. Dichos resultados concuerdan con investigaciones pasadas, las cuales proponen que los Zygoptera son más dependientes de la vegetación marginal que la mayoría de los Anisoptera, debido a la oviposición endofítica que los caracteriza (Osborn, 2005). Esto refleja nuevamente la importancia de la vegetación marginal., pues al parecer entre mayor porcentaje de vegetación exista, mayor es el número de individuos presentes.

Al igual que los resultados obtenidos por Osborn y Samways (1985), la riqueza de los hábitats esta más correlacionada con la heterogeneidad de la vegetación circundante y emergente característicos de cada hábitat. Es por esta razón que el hábitat 2, el cual presenta un alto porcentaje de vegetación marginal, presentó un mayor número de individuos, afirmando la importancia de la vegetación en la percha de los adultos y protección de las larvas.

## 7. CONCLUSIONES:

- La mayoría de los géneros estudiados, presentan pico de actividad en las horas del medio día, es decir, entre las 12 m. y las 2 p.m., hora en que la temperatura del aire y el porcentaje de sol es mayor. Por esta razón se sugiere que para efectos de capturar bastantes individuos por unidad de tiempo, se debe tener en cuenta dicho intervalo de tiempo.
- Por ser organismos ectotermos, la actividad de los odonatos se ve influenciada por factores abióticos, como lo es la temperatura, la intensidad lumínica, las fuertes lluvias y la estacionalidad. Sin embargo, la competencia interespecífica no debe ser descartar.
- La pluviosidad es un factor extrínseco a las especies que afecta negativamente la distribución temporal de los individuos, sobre todo en zonas ecuatoriales que presentan patrones de lluvias bimodales.
- La habilidad de dispersión está influenciada por factores como el clima y la pluviosidad, los cuales determinan los días en los que se hace posible el movimiento; diferencias entre la misma especie, como sexo; diferencias entre especies diferentes, tales como tamaño, comportamiento y por último la distancia a la que se encuentran separados los dos hábitats.
- La correlación negativa entre las especies y el porcentaje de sombra revela la importancia de la temperatura en la termorregulación y en el comportamiento de los individuos.
- Los determinantes principales del ensamblaje de la comunidad fueron variables bióticas y abióticas, tales como el porcentaje de vegetación marginal, flotante y sombra.
- La presencia de *Orthemis* y *Erythrodiplax* en cuerpos lénticos refleja un alto grado de intervención.
- La vegetación marginal así como la vegetación flotante parecen afectar de gran manera el ensamblaje de la comunidad, confirmando la importancia de esta en la construcción de cuerpos lénticos con fines de conservación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

- **ANGELLIBERT S. & GIANI N.** 2003. Dispersal characteristics of three odonata species in a patchy habitat. *Ecography* 26. pp. 12 – 20.
- **ARANGO, C.** 1982. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, Vol. 12. Antioquia, Colombia
- **BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R.** 1996. *Ecology, Individuals, Populations and Communities*. Third Edition. Blackwell Science. Italy.
- **BRIDGES, C.A** 1994. Catalogue of the Family-group, Genus-group and Species-group Names of the Odonata of the World. Tercera Edición. Urbana, Illinois, U.S.A
- **BULÁNKOVA. E.** 1997. Dragonflies (Odonata) as bioindicators of environment quality. *Biología* 52(2): pp 177-180.
- **CARLE, F.L.** 1979. Environmental monitoring potential of the Odonata, with a list of rare and endangered Anisoptera of Virginia, United States. *Odonatologica*. 8(4): pp.319-323
- **CHOWDHURY, S.H & AKHTERUZZAMAN MD.** 1983. Ecology of Dragonfly (Anisoptera:Odonata) larvae. *J. Asiatic Soc.* 9(1):pp.1-16.
- **CONRAD K.F, WILLSON K.H., WHITFIELD K., HARVEY I.F., THOMAS C.J. & SHERRAT T.N.** 2002. Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size morph and ectoparasitism. *Ecography* 25 pp. 439 – 445.
- **CORBET, P.S.** 1980. Biology of Odonata. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, 25. pp.189-217
- **CORBET, P.S.** 1999. *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.
- **CORDOBA-AGUILAR, A.** 1994. Adult survival and movement in males of the damselfly *Hetaerina cruentata* (Odonata: Calopterygidae). *Florida Entomologist* 77(2) pp. 256 – 264.
- **CRUZ, L.F.** 1986. Contribución a los estudios taxonómicos de Odonata-Zygoptera de Colombia: Descripción de una nueva especie de *Cianallagma* (Odonata:Coenagrionidae). *Caldasia* 14 pp. 68 - 70

- **DEL PINO, J.O., ZAMORA, R. & OLIET, J.A.** Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio.
- **DOS SANTOS, N.D.** 1981. Odonata. Aquatic Biota of Tropical South America. pp. 64 – 85.
- **FERREIRA-PERUQUETTI, P.S. & FONSECA-GESSNER, A.A.** 2003. Odonata community on natural areas of Cerrado and monoculture of northeastern São Paulo State, Brazil: relationship between land use and richness. Rev. Bras. Zool. vol.20, no.2. pp.219-224.
- **FIGUERAS, S.M.** 2003. Análisis de Correspondencias, [en línea] <<http://www.5campus.com/leccion/correspondencias>> (Consultado el 17 de Octubre de 2006)
- **FOOTE L.A & RICE C.L** 2005. Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. Ecol. Entom. 30, pp. 273 – 283
- **GURTZ, E.M, & WALLACE J.B.** 1984. Substrate-mediated response of stream invertebrates to disturbance. Ecology 65(5): pp.1556-1569
- **HAIR, J.F, ANDERSON, E.R, TATHAM. L.R. & BLACK, C.W.** 1995. Multivariate data analysis. Prentice Hall, Estados Unidos.
- **HASEGAWA E. & KASUYA E.** 2006. Phylogenetic analysis of the insect order Odonata using 28S and 16S rDNA sequences: a comparison between data sets with different evolutionary rates. Entomological Science (9). pp. 55 – 66.
- **IMMS, A. D.** 1970. Tratado de Entomología. Orden 6 Odonatos. pp. 79-104.
- **JOHNSON, D.M; CROWLEY, P.H; BOHANAN, R.E, WATSON C.N & MARTIN, T.H.** 1985. Competition among larval dragonflies: A field enclosure experiment. Ecology 66(1), pp.119 – 128.
- **KREBS, C. J.** 1999. Ecological methodology. Benjamin Cummings, California.
- **LUDWING, J.A & REYNOLDS, J.F.** 1988. Statistical Ecology: A primer on methods and computing. Wiley-interscience publications. Estados Unidos.
- **LUGO-SOTO, M.E. & FERNANDEZ-BADILLO, A.** 1994. Cambios en composición y diversidad de la entofauna del Río Guey, Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela. Bol. Entomol. Venez 9(1): pp. 25-32.



- **LUTZ E. P & PITTMAN A. R.** 1970. Some ecological factors influencing a community of Odonata. *Ecology* 51(2) PP. 279 -28.
- **LUTZ E. P.** 1974. Effects of temperature and photoperiods on larval development in *Tetragoneuria cinosura* (Odonata:Libellulidae) *Ecology* 55(2) pp. 370 – 377
- **MARCO P.E, LATINI A.O &RIBEIRO P.H.E** 2002. Behavioural ecology of *Erythemis plebeya* (Bumeister) at a small pond in southeastem Brazil (Anisoptera:Libellulidae). *Odonatologica* 31(3) pp. 305 – 312.
- **MAY, M. L.** 1976. Thermoregulation and Adaptation to Temperature in Dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecological Monographs* 46(1). pp. 1 - 32
- **MISOF B.** 2002. Diversity of Anisoptera (Odonata): Inferring speciation processes from patterns of morphological diversity. *Zoology*. 105 pp. 355-365.
- **MOORE, N.W.** 1964. Intra- and interspecific competition among dragonflies (Odonata). *J. Animal Ecology*. 33. pp. 49 – 71.
- **NORMA-RASHID Y.** 1999. Behavioural ecology of *Tyriobapta torrida* Kirby at the breeding and resting sites. (Anisoptera:Libellulidae). *Odonatologica* 28(2) pp. 139 – 150.
- **NOVELO G. R;** Los Odonatos de la Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico (Insecta:Odonata)
- **OSBORN, R.** 2005. Odonata as indicators of habitat quality at lakes in Lousiana, United States. *Odonatologica* 34(3). pp. 259 – 270.
- **OSBORN, R. & SAMWAYS, M.J.** 1996. Determinants of adult dragonfly assemblage patterns at new pond in South Africa. *Odonatologica* 25(1). pp. 49 – 58.
- **RAMIREZ, A.** 2005. Ecología aplicada: Diseño y análisis estadístico. Colección estudios de ecología. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- **REHN, A.C.** 2003. Phylogenetic analysis og higher-level relationships of Odonata. *Sistematic Entomology*. 28. pp. 181 – 239.
- **RICHARDS, D. W & DAVIES R.G.** 1984. Tratado de entomología Imms, Clasificación y Biología, Volumen 2. Ediciones Omega S.A Barcelona
- **ROBINSON, J.V. & WELLBORN. G.A.** 1987. Mutual predation in assembled communities of Odonata species. *Ecology* 68(4). pp. 921– 927.

- **ROLDAN PEREZ, G** 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Coloma. Cienc. 23(88):pp. 375-387.
- **SAMWAYS, M.J, CALDWELL, P.M & OSBORN R.** 1996 Spatial patterns of dragonflies (Odonata) as indicators for design of a conservation pond. Odonatologica 25(2): pp. 157-166.
- **SPONSELLER, R.A; BENFIELD, E.F & VALLET, H.M** 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. Fresh Water Biology, London,;46.pp: 1409-1424.
- **SUH, N.A. & SAMWAYS, J.** 2005. Significance of temporal changes when designing a reservoir for conservation of dragonfly diversity. Biodiversity and Conservation. 14:pp. 165-178
- **UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME).** 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. [www.unep.org](http://www.unep.org)
- **WESTFALL, W.J.** 1996. Odonata. Cap 12. In: R. W. Merrit and K. W. Cummins. An Introduction to the Aquatics Insects of North America. Kendall/ Hunt Publishing Co. Iowa. p.441

## 9. ANEXOS

### 9.1 Pruebas de diversidad

#### Shannon

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.91427	0.91427	5.28	0.0375
Within	14	2.42375	0.17313		
Total	15	3.33802			

Grand Mean 1.1410 CV 36.47

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	4.28	1	0.0387
Cochran's Q	0.8465		
Largest Var / Smallest Var	5.5142		

Component of variance for between groups 0.09264  
Effective cell size 8.0

#### Simpson

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.22765	0.22765	6.27	0.0253
Within	14	0.50824	0.03630		
Total	15	0.73588			

Grand Mean 0.5842 CV 32.62

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	10.2	1	0.0014
Cochran's Q	0.9443		
Largest Var / Smallest Var	16.938		

Component of variance for between groups 0.02392  
Effective cell size 8.0

#### Equitatividad

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.15666	0.15666	3.27	0.0920
Within	14	0.67035	0.04788		
Total	15	0.82700			

Grand Mean 0.7425 CV 29.47

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	10.5	1	0.0012
Cochran's Q	0.9472		
Largest Var / Smallest Var	17.926		

Component of variance for between groups 0.01360  
Effective cell size 8.0

## 9.2 Pruebas Estadísticas para las medias de las variables medidas en Sequía

### pH

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.00375	0.00375	0.03	0.8688
Within	22	2.95250	0.13420		
Total	23	2.95625			

Grand Mean 7.2625 CV 5.04

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	2.30	1	0.1296
Cochran's Q	0.7214		
Largest Var / Smallest Var	2.5897		

Component of variance for between groups -0.01087  
Effective cell size 12.0

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat1	7.2750	A
Habitat2	7.2500	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1496  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 0.3103  
There are no significant pairwise differences among the means.

### OD

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	98.415	98.4150	24.8	0.0001
Within	22	87.385	3.9720		
Total	23	185.800			

Grand Mean 5.0000 CV 39.86

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	6.41	1	0.0114
Cochran's Q	0.8377		
Largest Var / Smallest Var	5.1615		

Component of variance for between groups 7.87025  
Effective cell size 12.0

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat2	7.0250	A
Habitat1	2.9750	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.8136  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 1.6883  
All 2 means are significantly different from one another.

## Temperatura

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	1.084	1.08375	0.13	0.7203
Within	22	181.262	8.23920		
Total	23	182.346			

Grand Mean 24.113      CV 11.90

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	4.91	1	0.0267
Cochran's Q	0.8054		
Largest Var / Smallest Var	4.1378		

Component of variance for between groups -0.59629  
Effective cell size 12.0

### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat1	24.325	A
Habitat2	23.900	A

Alpha 0.05      Standard Error for Comparison 1.1718  
Critical Q Value 2.934      Critical Value for Comparison 2.4315  
There are no significant pairwise differences among the means.

## Conductividad

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	1488	1488.4	0.14	0.7159
Within	22	240980	10953.6		
Total	23	242468			

Grand Mean 333.79      CV 31.35

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	8.98	1	0.0027
Cochran's Q	0.8789		
Largest Var / Smallest Var	7.2565		

Component of variance for between groups -788.770  
Effective cell size 12.0

### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat2	341.67	A
Habitat1	325.92	A

Alpha 0.05      Standard Error for Comparison 42.727  
Critical Q Value 2.934      Critical Value for Comparison 88.657  
There are no significant pairwise differences among the means.

### 9.3 Pruebas Estadísticas para las medias de las variables medidas en Sequía

#### pH

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.00667	0.00667	0.27	0.6096
Within	22	0.54667	0.02485		
Total	23	0.55333			

Grand Mean 7.0667 CV 2.23

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	0.58	1	0.4461
Cochran's Q	0.6159		
Largest Var / Smallest Var	1.6032		

Component of variance for between groups -0.00152  
Effective cell size 12.0

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat2	7.0833	A
Habitat1	7.0500	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0644  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 0.1335  
There are no significant pairwise differences among the means.

#### OD

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	28.3620	28.3620	36.3	0.0000
Within	22	17.1960	0.7816		
Total	23	45.5580			

Grand Mean 4.8521 CV 18.22

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	2.12	1	0.1453
Cochran's Q	0.7136		
Largest Var / Smallest Var	2.4918		

Component of variance for between groups 2.29836  
Effective cell size 12.0

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat2	5.9392	A
Habitat1	3.7650	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3609  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 0.7489  
All 2 means are significantly different from one another.

## Temperatura

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	0.0038	0.00375	0.00	0.9672
Within	22	47.7358	2.16981		
Total	23	47.7396			

Grand Mean 21.721 CV 6.78

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	0.18	1	0.6724
Cochran's Q	0.5649		
Largest Var / Smallest Var	1.2984		

Component of variance for between groups -0.18051  
Effective cell size 12.0

### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat1	21.733	A
Habitat2	21.708	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6014  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 1.2478  
There are no significant pairwise differences among the means.

## Conductividad

One-Way AOV for: Habitat1 Habitat2

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	1	560.7	560.67	0.13	0.7176
Within	22	91926.7	4178.48		
Total	23	92487.3			

Grand Mean 400.83 CV 16.13

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	1.22	1	0.2690
Cochran's Q	0.6656		
Largest Var / Smallest Var	1.9901		

Component of variance for between groups -301.485  
Effective cell size 12.0

### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test

Variable	Mean	Homogeneous Groups
Habitat1	405.67	A
Habitat2	396.00	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 26.390  
Critical Q Value 2.934 Critical Value for Comparison 54.758  
There are no significant pairwise differences among the means.

## 9.4 Componentes Principales:

### Eigenvalues / Eigenvectors Based on Correlation Matrix

	Eigenvalues	Percent of Variance	Cumulative Percent of Variance
1	2.99033	37.4	37.4
2	1.83970	23.0	60.4
3	0.96783	12.1	72.5
4	0.83836	10.5	83.0
5	0.55740	7.0	89.9
6	0.48689	6.1	96.0
7	0.30843	3.9	99.9
8	0.01106	0.1	100.0

Factor	Vectors						
	1	2	3	4	5	6	7
COND	0.0171	-0.3763	-0.7201	-0.4539	-0.1617	-0.3039	0.1218
OD	0.4819	0.1337	-0.0897	-0.2400	-0.0807	0.1507	-0.8093
PH	0.0240	0.4762	0.3857	-0.6194	-0.2870	-0.3436	0.1982
SOMBRA	-0.1095	-0.5388	0.3392	-0.1150	-0.6574	0.3697	-0.0234
TEMP	-0.0287	0.5082	-0.4056	0.3971	-0.6336	0.1056	0.0769
V EGYMER	0.3679	-0.2541	0.2124	0.4256	-0.2192	-0.7194	-0.0852
VEGFLO	-0.5548	0.0190	0.0061	0.0172	-0.0539	-0.2500	-0.3656
VEGMAR	0.5577	-0.0176	-0.0052	-0.0179	0.0163	0.1977	0.3788

Factor	Vectors 8
COND	0.0161
OD	-0.0098
PH	0.0233
SOMBRA	0.0031
TEMP	0.0136
VEGYMER	0.0321
VEGFLO	-0.7017
VEGMAR	-0.7109

## 9.5 Análisis de Varianza para Matriz Total

### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	27.09	27.0938	5.32	0.0216
GENERO	7	520.20	74.3140	14.59	0.0000
LAGO	1	32.67	32.6667	6.41	0.0117
Error	374	1904.95	5.0934		
Total	383	2484.91			

Grand Mean 1.2656 CV 178.

### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
COND	0.00322	0.00141	2.28	0.0230
SOMBRA	-0.02039	0.00506	-4.03	0.0001
VEGFLO	0.06390	0.03889	1.64	0.1012
VEGMAR	0.03426	0.02708	1.27	0.2066



## 9.6 Análisis de Covarianza para Género.

### Ischnura

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
LAGO	1	34.270	34.2700	2.12	0.0469
EPOCA	1	0.559	0.5587	0.03	0.0876
SOMBRA	1	40.919	40.9192	2.54	0.1189
VEGFLO	1	55.499	55.4992	3.44	0.0708
VEGMAR	1	17.014	17.0139	1.05	0.3104
COND	1	3.176	3.1762	0.20	0.6596
Error	41	661.303	16.1293		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 3.7708      CV 106.51

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.04156	0.02609	-1.59	0.0352
VEGFLO	0.38183	0.20584	1.85	0.0708
VEGMAR	0.14492	0.14111	1.03	0.3104
COND	0.00321	0.00723	0.44	0.6596

### Micrathryia

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
LAGO	1	1.155	1.1554	0.22	0.0009
EPOCA	1	34.539	34.5387	6.56	0.0142
SOMBRA	1	10.322	10.3219	1.96	0.1690
VEGFLO	1	0.749	0.7488	0.14	0.7080
VEGMAR	1	1.862	1.8617	0.35	0.5554
COND	1	17.287	17.2869	3.28	0.0773
Error	41	215.862	5.2649		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.3542      CV 97.47

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.02090	0.01493	-1.40	0.0682
VEGFLO	-0.04302	0.11407	-0.38	0.7080
VEGMAR	0.04733	0.07960	0.59	0.5554
COND	0.00751	0.00415	1.81	0.0773

### Acanthagrion

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
LAGO	1	0.0143	0.01432	0.03	0.0001
EPOCA	1	0.0002	0.00017	0.00	0.3307
SOMBRA	1	5.2894	5.28936	9.50	0.0037
VEGFLO	1	0.2185	0.21854	0.39	0.5345

VEGMAR	1	1.5686	1.56858	2.82	0.1009
COND	1	0.0438	0.04377	0.08	0.7806
Error	41	22.8335	0.55691		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5625      CV 132.67

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.01496	0.00486	-3.08	0.0037
VEGFLO	0.02324	0.03710	0.63	0.5345
VEGMAR	0.04345	0.02589	1.68	0.1009
COND	3.781E-04	0.00135	0.28	0.7806

### Telebasis

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	3.5765	3.57649	2.29	0.0963
LAGO	1	1.0439	1.04389	0.67	0.0867
SOMBRA	1	0.3171	0.31709	0.20	0.6544
VEGFLO	1	0.6074	0.60741	0.39	0.5360
VEGMAR	1	0.0256	0.02561	0.02	0.8986
COND	1	7.3437	7.34374	4.71	0.0358
Error	41	63.9219	1.55907		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5208      CV 239.74

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.00366	0.00812	-0.45	0.6544
VEGFLO	0.03875	0.06208	0.62	0.0593
VEGMAR	-0.00555	0.04332	-0.13	0.8986
COND	0.00490	0.00226	2.17	0.0358

### Orthemis

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	0.2165	0.21655	0.16	0.6923
LAGO	1	0.0571	0.05709	0.04	0.8389
SOMBRA	1	2.8468	2.84677	2.09	0.1561
VEGFLO	1	0.0617	0.06171	0.05	0.8326
VEGMAR	1	0.0014	0.00137	0.00	0.9749
COND	1	0.2970	0.29700	0.22	0.6432
Error	41	55.9046	1.36353		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.4792      CV 243.69

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.01098	0.00760	-1.44	0.1561
VEGFLO	-0.01235	0.05805	-0.21	0.8326
VEGMAR	-0.00128	0.04051	-0.03	0.9749
COND	9.848E-04	0.00211	0.47	0.6432

### Perithemis

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	15.098	15.0982	5.30	0.0264
LAGO	1	0.001	0.0013	0.00	0.0108
SOMBRA	1	11.269	11.2690	3.96	0.0534
VEGFLO	1	1.558	1.5583	0.55	0.4637
VEGMAR	1	3.633	3.6330	1.28	0.2652
COND	1	16.380	16.3802	5.75	0.0211
Error	41	116.741	2.8474		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.8542      CV 197.55

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.02184	0.01098	-1.99	0.0534
VEGFLO	-0.06206	0.08389	-0.74	0.4637
VEGMAR	-0.06613	0.05854	-1.13	0.2652
COND	0.00731	0.00305	2.40	0.0211

### Erythrodiplax

#### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	0.3460	0.34598	1.06	0.3102
LAGO	1	0.0612	0.06120	0.19	0.6679
SOMBRA	1	0.2421	0.24210	0.74	0.3951
VEGFLO	1	0.0626	0.06255	0.19	0.6645
VEGMAR	1	0.0031	0.00313	0.01	0.9226
COND	1	0.0495	0.04955	0.15	0.6994
Error	41	13.4377	0.32775		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.1458      CV 392.57

#### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	0.00320	0.00372	0.86	0.3951
VEGFLO	-0.01243	0.02846	-0.44	0.6645
VEGMAR	-0.00194	0.01986	-0.10	0.9226
COND	4.022E-04	0.00103	0.39	0.6994

## Lestes

### Analysis of Variance Table for INDIVIDUO

Source	DF	SS	MS	F	P
EPOCA	1	40.099	40.0986	11.63	0.0015
LAGO	1	1.142	1.1420	0.33	0.5680
SOMBRA	1	27.376	27.3762	7.94	0.0074
VEGFLO	1	4.773	4.7726	1.38	0.2461
VEGMAR	1	8.648	8.6477	2.51	0.1209
COND	1	0.071	0.0709	0.02	0.8867
Error	41	141.324	3.4469		
Total	47				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.0000      CV 185.66

### Covariate Summary Table

Covariate	Coefficient	Std Error	T	P
SOMBRA	-0.03404	0.01208	-2.82	0.0074
VEGFLO	0.10861	0.09230	1.18	0.2461
VEGMAR	0.10202	0.06441	1.58	0.0909
COND	4.811E-04	0.00335	0.14	0.8867