



Universidad de Carabobo  
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología  
Departamento de Biología  
Unidad Académica de Biodiversidad



Trabajo Especial de Grado

**Caracterización de la Comunidad de Mosquitos (Diptera: Culicidae) de  
dos Humedales del Campus de la Universidad de Carabobo.**

**Autor:**

Br. Claudia J. Domínguez G.

C.I. V-19.605.108.

**Tutor:**

Dr. Jonathan Liria

Departamento de Biología

Bárbula, 2015.



## ACTA

Mediante la presente se deja constancia que la **Br. Claudia Domínguez**, Cédula de Identidad N° 19.605.108, presentó ante el Jurado aprobado por el Consejo de Departamento de Biología de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACYT), de la Universidad de Carabobo, su Trabajo Especial de Grado (T.E.G.), titulado: **“Caracterización de la comunidad de mosquitos (Diptera: culicidae) de dos humedales del campus de la Universidad de Carabobo”**, en concordancia con los artículos 16, 17, 18 y 19 de las Normas de Interés Estudiantil. El jurado evaluador consideró que, luego de haber aprobado dicho trabajo el (a) bachiller cumple con los méritos académicos necesarios para obtener el Título de Licenciado en Biología.

En Valencia, a los doce días del mes de Marzo del año dos mil quince.

Prof. Jonathan Liria  
Tutor

Prof. Belkys Pérez  
Jurado Principal

Prof. Carmen Andara  
Jurado Principal



## DEDICATORIA.

*A mis padres  
por enseñarme a ser independiente.*

*A mis hermanos  
por enseñarme lo que es el amor verdadero.*

## AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo es el fruto de la amplia y generosa colaboración de muchas personas, gracias a su colaboración hicieron de este proyecto, una realidad.

A mi Tutor Prof. Jonathan Liria mi aliado, mi guía durante todo este tiempo, le agradezco su apoyo.

Al personal técnico del Museo Entomológico “Pablo Cova García” por su colaboración con el espacio físico, óptico y biológico que permitieron la identificación de algunos mosquitos.

Al personal técnico del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Agronomía de Universidad Central de Venezuela por su colaboración en la identificación de una fracción del material vegetal colectado en este estudio.

Una mención especial merece la colaboración de mis jurados: Profs. Belkis Pérez y Carmen Andara, por sus aportes, tiempo y dedicación los cuales contribuyeron oportunamente con el desarrollo de esta investigación.

**Por el trabajo más paciente y sostenido realizado durante estos años, por su apoyo incondicional y eterno. Mil gracias. A ustedes amigos de “carrera” ahora amigos de vida, mis buenos deseos los acompañaran siempre, Gracias!!!**

## TABLA DE CONTENIDO.

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>II</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>VI</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>VII</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
2.1. Caracteres diagnósticos para la identificación de la culícido-fauna.....	6
2.2. Bioecología de Culicidae.....	9
2.2.1 Criaderos.....	9
2.2.2 Huevo.....	9
2.2.3 Larva.....	10
2.2.4 Pupa.....	11
<b>3. Antecedentes</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Planteamiento del problema</b> .....	<b>15</b>
<b>5. Hipótesis</b> .....	<b>16</b>
<b>6. Objetivos</b> .....	<b>17</b>
6.1. Objetivo general.....	17
6.2. Objetivos específicos.....	17
<b>7. Materiales y métodos</b> .....	<b>18</b>
7.1. Área de estudio.....	18
7.1.1 Campus de la Universidad de Carabobo.....	19
7.2. Diseño experimental.....	20
7.2.1. Descripción del sitio de colecta.....	20
7.2.1.2. Caracterización fisicoquímica y morfométrica de los humedales.....	20
7.2.1.3. Caracterización vegetal de los humedales.....	21
7.2.1.4. Colecta de estados inmaduros (larva y pupa) en cada humedal.....	21
7.2.1.6. Determinación taxonómica de los mosquitos.....	22
7.3. Análisis de los atributos biológicos univariados de la comunidad de mosquitos.....	23
7.3.1. Abundancia relativa.....	23
7.3.2. Análisis de la diversidad.....	23
7.3.2.1. Índice de diversidad.....	23
7.3.2.2. Índice de equidad.....	24
7.3.2.3. Índice de similitud.....	25
7.4. Análisis estadísticos.....	25
7.4.1 Análisis de los atributos biológicos multivariados de la comunidad de mosquitos.....	26
<b>8. Resultados</b> .....	<b>27</b>

8.1	Descripción del sitio de colecta.....	27
8.1.1.	Caracterización fisicoquímica y métrica de los humedales.....	27
8.1.2.	Descripción vegetal de los humedales.....	29
8.2	Análisis de los atributos biológicos univariados de la composición taxonómica de la comunidad de mosquitos asociadas a los humedales .....	31
8.2.1.	Abundancia y riqueza de la comunidad de mosquitos.....	32
8.2.2.	Índices diversidad, equidad y similitud de la comunidad de mosquitos.....	36
8.3.	Análisis de los atributos biológicos multivariados de la composición taxonómica de la comunidad de mosquitos asociadas a los humedales..	39
<b>9.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>43</b>
9.1	Descripción del sitio de colecta.....	43
9.1.1.	Caracterización fisicoquímica y métrica de los humedales.....	43
9.1.2.	Descripción vegetal de los humedales.....	45
9.1.3.	Descripción de la composición taxonómica de la comunidad de culícidos asociados a los humedales: Evaluación temporal y espacial de los atributos biológicos univariados y multivariados.....	46
<b>10.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>57</b>
<b>11.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>59</b>
<b>12.</b>	<b>Referencia bibliográficas</b> .....	<b>60</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Esquema general de larva de cuarto estadio.....	7
<b>Figura 2.</b> Esquema general de una pupa de Culicidae.....	8
<b>Figura 3.</b> Mapa de sección del Campus de la Universidad de Carabobo, señalando las áreas de estudio.....	18
<b>Figura 4.</b> Precipitación y temperatura mensuales promedio para Valencia, durante el período 2002-2012. Datos de la estación meteorológica: 804720 (SVVA).....	19
<b>Figura 5.</b> Plantas colectadas en el Humedal de FACES y de Postgrado.....	29
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de cobertura vegetal de plantas colectadas en Humedal de FACES de la Universidad de Carabobo en sequía (A) y lluvias (B).....	30
<b>Figura 7.</b> Abundancia promedio de los estadios larvales y pupa de los mosquitos en el Humedal de FACES y Postgrado durante sequía y lluvia.....	32
<b>Figura 8.</b> Abundancia relativa de las diferentes especies de larvas de Culicidae colectas en los Humedales de FACES y de Postgrado.....	33
<b>Figura 9.</b> Riqueza de taxa de Culicidos colectados en los humedales seleccionados del Campus de la Universidad de Carabobo.....	35
<b>Figura 10.</b> Diagramas de cajas verticales para los datos de composición taxonómica de la comunidad de mosquitos presentes en el humedal de FACES en sequía y lluvia .....	39
<b>Figura 11.</b> Diagramas de cajas verticales para los datos de composición taxonómica de la comunidad de mosquitos presentes en los humedales de FACES y Postgrado en lluvia .....	40
<b>Figura 12.</b> Ordenamiento de las variables fisicoquímicas, métricas, vegetación y especies de mosquitos colectadas en el humedal de FACES durante sequía y lluvia, usando análisis de escalamiento multidimensional no métrico.....	41
<b>Figura 13.</b> Diagrama de <i>Shepard</i> del análisis de escalamiento multidimensional no métrico efectuado para el humedal de FACES.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla I.</b> Estadísticos descriptivos de las diferentes variables fisicoquímicas y métrica medidos en el humedal de FACES de la Universidad de Carabobo durante sequía y lluvia.....	27
<b>Tabla II.</b> Estadísticos descriptivos de las diferentes variables fisicoquímicas y métrica medidos en el humedal de Postgrado de la Universidad de Carabobo durante sequía y lluvia.....	28
<b>Tabla III.</b> Abundancia total de cada periodo larval y pupa en los humedales de FACES y Postgrado, en sequía y lluvia.....	31
<b>Tabla IV.</b> Riqueza de taxa de las larvas de Culicidae asociadas a los humedales de FACES y de Postgrado .....	34
<b>Tabla V.</b> Índices de diversidad de Hill ( $N_2$ ) del humedal de FACES para sequía y lluvia.....	36
<b>Tabla VI.</b> Índices J de equidad de Pielou del humedal de FACES para sequía y lluvia.....	37
<b>Tabla VII.</b> Índices de diversidad de Hill ( $N_2$ ) para el humedal de FACES y el humedal de Postgrado durante el periodo de lluvias.....	37
<b>Tabla VIII.</b> Índices J de equidad de Pielou para el humedal de FACES y el humedal de postgrado durante el periodo de lluvias.....	38
<b>Tabla IX.</b> Índices de similitud de Sorensen de los humedales de FACES y Postgrado durante el periodo de lluvias.....	39



## RESUMEN.

La familia Culicidae (Diptera: Nematocera) abarca cerca de 3.507 especies en el mundo, en Venezuela se estiman cerca de 315 especies incluidas en 23 géneros, constituyen el grupo más importante a nivel mundial desde el punto de vista médico y veterinario. Por lo anteriormente expuesto, este trabajo busca describir los atributos biológicos de la comunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de dos humedales del Campus de la Universidad de Carabobo. Para ello, se escogieron nueve puntos de colecta en los humedales de FACES y Postgrado, con ayuda de una cuadrata de área conocida. Se procedió con la toma de las variables fisicoquímicas y métricas, la cobertura vegetal. Seguidamente, se colectaron los mosquitos en sus fases inmaduras (larvas/pupas) y se criaron hasta el estado adulto. Tanto los mosquitos como el material vegetal fueron identificados hasta el nivel taxonómico más específico posible. Posteriormente, se realizaron comparaciones temporales y espaciales entre los humedales, para ello se consideraron tanto variables univariantes como multivariantes bióticas y abióticas que describieron el hábitat de los mosquitos, así como su composición taxonómica. En cuanto a la culicidofauna, se determinaron la riqueza y abundancia de especies, con el propósito de estimar: el índice de diversidad de Hill ( $N_2$ ), Equidad de Pielou y similitud de Sorensen. Los análisis multivariados empleados (ANOSIM y Escalamiento Multidimensional No-Métrico) permitieron comparar ambos humedales a escala temporal y espacial en términos de la composición taxonómica de culícidos y de las variables que caracterizaron sus hábitats. Se obtuvieron, un total de 1360 larvas, correspondientes 934 al humedal de FACES y 426 al humedal de postgrado. La riqueza total fue de nueve especies, representadas en el humedal de FACES por: *Anopheles (Ano.) pseudopunctipennis*, *Culex (Cux.)* y *Culex (Mel.) intricatus*, en el humedal de Postgrado por: *Aedomyia squamipennis*, *Aedes (Och.) scapularis*, *Aedes (Och.) augustivittatus*, *Aedes (Prc.) serratus*, *Psorophora (Jan.) ferox* y *Uranotaenia*. Las especies de *Culex* fueron encontradas en ambos humedales. En el humedal de FACES los valores de abundancia, equidad y similitud variaron con significancia estadística temporalmente, sin embargo la diversidad se mantuvo. En el humedal de postgrado no se pudieron establecer diferencias temporales. No obstante, *Culex* fue común para ambos humedales. En el humedal de FACES la abundancia, riqueza y similitud fueron significativamente diferentes a escala temporal ( $p < 0,05$ ) mientras que la diversidad no

evidenció diferencias. En el humedal de postgrado no se pudieron establecer diferencias temporales. Ambos humedales presentaron diferencias significativas en relación a las variables univariantes y multivariantes tanto bióticas como abióticas consideradas. En el humedal de FACES las variables que parecen estar relacionadas con la presencia de *Culex (Mel.) intricatus* son turbidez, pH, material vegetal en descomposición y profundidad, con *Culex (Cx.)* con *Hydrocotyle umbellata* próximos a vacío y temperatura. En el humedal de Postgrado, no se pudieron determinar cuáles variables influyeron en la estructura y composición de la comunidad de mosquitos asociados al mismo.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El orden Diptera está constituido por aquellos insectos holometábolos que cuando se encuentran en estado adulto presentan piezas bucales hausteladas, esta modificación origina su adaptación al consumo de líquidos, además presentan dos pares de alas membranosas, las mesotorácicas son funcionales para el vuelo mientras que las metatorácicas se encuentran modificadas en pequeñas estructuras denominadas halterios que son estructuras sensoriales de equilibrio durante el vuelo (Ward 1989).

Los dipteros se encuentran clasificados en dos subórdenes a saber: Nematocera y Brachycera, el primer grupo es considerado primitivo e incluye a todas aquellas familias cuyo carácter diagnóstico es antena con flagelo multi articulado, por otro lado el segundo grupo incluye a las familias especializadas que presentan la antena con el flagelo dividido en no más de ocho artejos (Belkin *et al.* 1970, Ward 1989, Harbach & Kitching 1998, Baddi *et al.* 2006, Rueda 2008).

Los representantes de este taxón son aparentemente muy similares entre sí en cuanto a su morfología, sin embargo la realidad es que presentan gran diversidad de morfologías, estilos de vida y papeles ecológicos. La presente investigación se enfocó en la familia Culicidae, la cual integra a “los mosquitos”, término ampliamente empleado para referirse a este grupo de insectos. Los culicidos han sido estudiados a lo largo del tiempo por su papel en la transmisión de diversas enfermedades, razón por la cual despiertan un gran interés como grupo zoológico para su estudio taxonómico, biológico y faunístico (Harbach & Kitching 1998, Baddi *et al.* 2006, Rueda 2008, Bueno 2010).

La familia Culicidae (Diptera: Nematocera) agrupa cerca de 3.507 especies en el mundo, en Venezuela se estiman cerca de 315 especies incluidas en 23 géneros (Navarro *et al.* 2010). Constituyen el grupo más importante a nivel mundial desde el punto de vista médico y veterinario, dado que actúan como insectos vectores de diferentes patógenos (arbovirus, protozoos, entre otros) que producen variadas enfermedades entre los vertebrados (Mureb & Forattini 1996, Muñoz *et al.* 2006, Navarro *et al.* 2010, Parra 2010).

Los mosquitos exhiben una metamorfosis completa en su ciclo vital, con fases asociadas al medio acuático (huevo, larva y pupa) (Manrique *et al.* 1998, Bueno 2010), por lo que explotan distintos sistemas acuáticos, que van desde cuerpos de agua en el

suelo, lagunas, lagos, desbordes de ríos hasta plantas que poseen estructuras que almacenan agua (fitotelmata) por lo que poseen una amplia distribución (Navarro *et al.* 2010). Debido a su máxima adaptabilidad a múltiples ambientes en diferentes latitudes y altitudes, así como a la hematofagia obligada, sin olvidar la gran variabilidad de hospederos preferentes o no, de los que alimentarse y en los que puede diseminar los virus causantes de enfermedades en humanos, los convierten en un factor de riesgo para la salud de la población humana (Bueno *et al.* 2010, Alarcón 2013).

En áreas urbanas y periurbanas existe gran cantidad de reportes de diferentes especies de mosquitos debido a que la población de manera indirecta ofrece las condiciones necesarias para su proliferación adaptándolos a desarrollarse en todo tipo de aguas, tanto naturales: humedales, estanques (Machado *et al.* 1986, Vezzani 2007) como artificiales: charcos, canales de desagüe, incluso en recipientes que puedan almacenar agua como latas, botellas, floreros entre otros (De la Cruz *et al.* 2012).

Dichos estudios se han realizado en su mayoría en sistemas lénticos de las zonas urbanas y periurbanas, señalando la presencia de diversas especies pertenecientes a los géneros *Aedes* Meigen 1818; *Culex* Linnaeus 1758 (Jordá *et al.* 1993, Calderon *et al.* 2004, Rueda & Hernández 2008); *Mansonia* Blanchard 1901 (Menezes *et al.* 2003, Millán 2009) *Psorophora* Robineau-Desvoidy 1827 y *Uranotaenia* Lynch-Arribalzaga 1891 (Marquetti *et al.* 1999, Rossi *et al.* 2006, Ludueña *et al.* 2004, Trama *et al.* 2009) y, en menor medida *Anopheles* Meigen 1818 y *Haemagogus* Williston 1896, esta ocurrencia se vincula con muchos factores, destacando la composición atmosférica, urbanización, desarrollo económico y social, comercio internacional, migraciones humanas, desarrollo industrial y uso de la tierra-regadíos-desarrollo agrícola (Parra 2010, Alarcón 2013).

En este sentido, por la gran potencialidad vectorial de los mosquitos y su estrecha relación con los humanos en áreas urbanas y periurbanas se hace necesario el estudio de comunidades de Culicidae en zonas que puedan suponer un medio ideal para la proliferación y óptimo desarrollo de las formas pre adultas de estos insectos, maximizando por tanto la adaptabilidad y expansión de diversas especies (Marquetti *et al.* 1999, Bueno 2004).

En este contexto los humedales se convierten en un grupo de especial interés, sobre todo porque las larvas de culícidos suelen habitar aguas lénticas, producto de la

ausencia de apéndices torácicos y abdominales, u otras estructuras que les permita anclarse al sustrato, lo que dificulta su vida bajo la influencia de aguas lóxicas (Bueno 2004).

Los humedales pueden ser definidos como cuerpos de agua estacionaria, temporal o permanente que poseen vegetación sumergida, flotante y emergente, con zonas donde el nivel freático se encuentra más o menos cercano a la superficie y donde el suelo se mantiene saturado de agua durante un largo período de tiempo, características que los convierten en zonas óptimas para que se establezcan los mosquitos (Figuroa *et al.* 2009).

El parque universitario de la Universidad de Carabobo, ofrece cuatro ecosistemas fundamentales (bosque caducifolio, humedal, bosque de galería y sabana) (Díaz *et al.* 2010), es decir, en el campus de la universidad hay zonas cuyas características brindan las condiciones ideales para el establecimiento de culícidos de importancia médica.

Por lo anteriormente expuesto, este trabajo busca describir los atributos biológicos de la comunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de dos humedales del campus de la Universidad de Carabobo y tal vez el levantamiento de esta información permita aportar nuevo conocimiento sobre la biología de aquellas especies de mosquitos de especial interés para el hombre (Delgado *et al.* 2011), generándose información que permite determinar cuantitativamente cambios en el tiempo y tomar medidas preventivas dada la naturaleza epidemiológica de este grupo.

## 2. MARCO TEÓRICO.

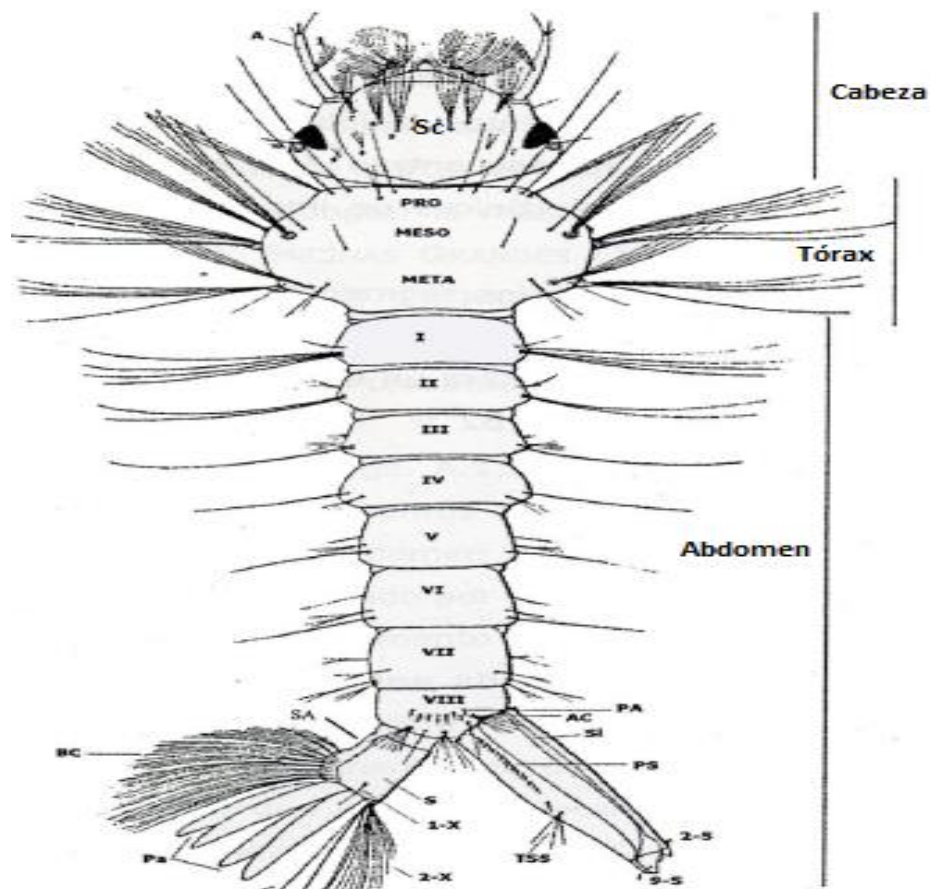
### 2.1. Caracteres diagnósticos para la identificación de la Culícido-fauna.

El reconocimiento de los caracteres diagnósticos permite la identificación, denominación y clasificación de las diferentes larvas que pudieran encontrarse durante el estudio, y de este modo se obtiene la documentación, comprensión y la diseminación del conocimiento de tal variedad y sus implicaciones (Harbach & Kitching 1998).

En la zoología, es común que no exista uniformidad en las interpretaciones morfológicas ni en la terminología empleada, para evitar este tipo de inconvenientes en este estudio se empleó la terminología usada por Bueno (2010) y las abreviaturas de Reinert (2009). En las larvas de Culicidae, la totalidad de los caracteres morfológicos y quetotáticos se desarrollan hasta alcanzar el estadio cuatro (L-IV) por lo que es conveniente llevar a cabo el análisis en este estadio (Bueno 2010).

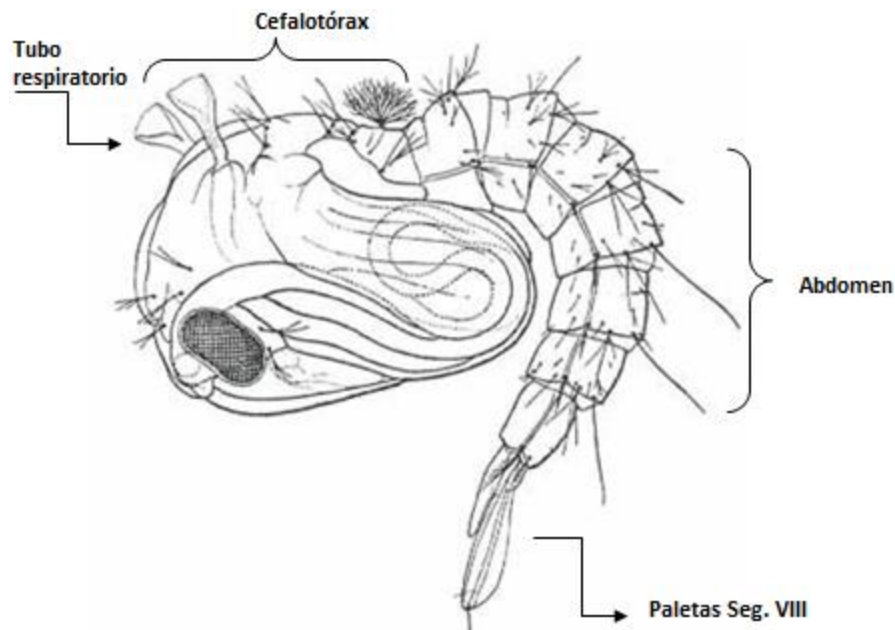
En general, las larvas se encuentran claramente divididas en cabeza, tórax y abdomen como se observa en la Figura 1. Los segmentos abdominales torácicos están fusionados y son más anchos que los abdominales, éstos últimos se encuentran divididos en diez segmentos, donde el octavo está formado por la fusión del octavo y noveno segmento, finalmente el décimo segmento es el anal (Rueda 2008).

En tal sentido, los caracteres diagnósticos están relacionados con la disposición de ciertas estructuras, como las setas y el sifón respiratorio, las cuales son altamente empleadas en las claves para su identificación y permiten la distinción de larvas a nivel género, y en algunos casos hasta especie. En la Figura 1 se muestra un esquema general de la morfología de un Culicinae, específicamente el de una larva de cuarto estadio con el nombre de las estructuras comúnmente empleadas en las claves taxonómicas para su identificación (Foote 1952, Belkin *et al.* 1970, Ward 1989, Rueda 2008, Bueno 2010).



**Figura 1.** Esquema general de larva de cuarto estadio. A-antena. 1-seta antenal; Sc-setas cefálicas; Pro-tórax; Meso-tórax; Meta-tórax; I-VII- segmentos abdominales; Ac-acus; BC-brochas crotales; Pa-paletas anales; PA-peine del VIII segmento abdominal; PS-peine del sifón; S-silla anal; SA-segmento anal; SI-Sifón respiratorio; TSS-penacho de setas abdominales del sifón; 1-X-Seta 1 de la silla; 2-X- Seta caudal superior; 3-X Seta caudal inferior; 2-S- seta 2 del sifón; 9-S-seta 9 del sifón. Tomado y modificado de Bueno (2010).

La forma de la pupa se asemeja a un punto y coma (Figura 2) debido al fusiónamiento de la cabeza con el tórax en un cefalotórax y abdomen curvo y doblado debajo de este. Estas pupas, poseen un tubo respiratorio en la parte dorsal del mesotórax mediante el cual obtienen el oxígeno, así mismo el cefalotórax es capaz de mantener aire comprimido gracias a unos apéndices que le permiten mantenerse en la superficie del agua. Sin embargo, presentan una estructura a modo de paletas que les permiten moverse cuando existe alguna perturbación en el medio cercano, en cuanto a los caracteres diagnósticos de esta fase están confinados al plano general descrito anteriormente por lo que sólo puede identificarse hasta familia (Encinas 1982, Ward 1989).



**Figura 2.** Esquema general de una pupa de Culicidae. Tomado y modificado de Ward (1989).

En relación a los adultos, están divididos en cabeza, tórax y abdomen, en general son delgados de patas estrechas con alas alargadas, el cuerpo está cubierto por escamas, setas y vellosidades, creando las marcas y coloración específica de cada especie. En la cabeza, los ojos están dispuestos en el frente y lados de la misma, la antena sale de entre los ojos y son largas o filamentosas exhibiendo dimorfismo sexual. En machos las antenas tienen espirales de fibrillas largas que dan la apariencia de ser plumosas, mientras que en las hembras las antenas son de tipo filiforme. El pedicelo es ancho y globular y la probosis es prominente.

El tórax del mosquito es una sola unidad sin segmentación aparente, con tres pares de patas que salen de la parte ventral, las alas son delgadas con patrones de venación distintos con escamas a lo largo de las venas y en el borde de ella. Por ende, forman un carácter diagnóstico en los adultos. Finalmente, el abdomen es claramente segmentado, y no presenta ningún carácter aparentemente diagnóstico, sin embargo albergan las estructuras de la genitalia que representan un elemento importante en la identificación a nivel de especie para ambos sexos (Encinas 1982, Ward 1989, Rueda 2008).



## **2.2. Bioecología de Culicidae.**

A continuación se describe brevemente diversos elementos relacionados con la Bioecología de las fases asociadas al medio acuático, en vista de la necesidad de conocer estos aspectos para poder interpretar diferentes situaciones que pudieran presentarse en el presente estudio (Rueda 2008).

### **2.2.1. Criaderos.**

Existen distintos tipos de ambientes ocupados por las fases acuáticas de los Culicidae, pese a esta gran diversidad en los cuerpos de agua explotados por los mosquitos, su dependencia del oxígeno atmosférico aunado a su forma de alimentación limita su presencia a aquellos ambientes donde la superficie no está expuesta a intensas tensiones físicas. Siguiendo la premisa anterior, los criaderos se pueden clasificar en naturales y artificiales, los primeros pueden ser lagos, lagunas, huecos de árboles, bromelias, axilas de plantas, entre otros. Dentro de los criaderos artificiales se pueden mencionar, cauchos, botellas, floreros, etc. (Machado 1981, Bueno 2010).

### **2.2.2. Huevo.**

En general, las hembras pueden realizar la puesta de huevos directamente sobre la superficie del agua o bien en sustratos potencialmente inundables, como oquedades, grietas, restos vegetales, paredes de cavidades naturales o artificiales, recipientes, entre otros. Así mismo, la puesta de huevos puede ser individual (huevos depositados aislados unos de otros) o en conjunto, en la que los huevos se aglomeran unos con otros y así vencer la tensión superficial del agua dependiendo de la especie, sin embargo, existen grupos que desempeñan ambas formas de ovoposición (Encinas 1982, Rueda 2008, Bueno 2010).

La eclosión del huevo, dependerá de una combinación de factores ambientales que afectan de manera desigual a diferentes especies. Se ha evidenciado que el incremento de periodos de termo-foto-periódicos, favorece su eclosión, así como, las vibraciones en la columna de agua o sustrato hídrico que se relaciona con precipitaciones y por ende el mantenimiento del nivel hídrico necesario para el

desarrollo de las fases larvales, otro factor a considerar es la cantidad de oxígeno disuelto, su descenso ocasionado por una fuerte actividad microbiana se relaciona una disminución de larvas (Encinas 1982, Bueno 2010).

En relación a la emergencia de las larvas ésta habitualmente ocurre entre dos y cuatro días tras la puesta, existen casos donde la temperatura acelera la embriogénesis pudiendo aparecer larvas a escasas horas tras la ovoposición. Finalmente en relación al hábitat, son muy variados como se mencionó anteriormente, sin embargo la puesta se da en lugares protegidos del viento, el oleaje y la acción directa de la luz solar (Encinas 1982, Marquetti 2008, Bueno 2010).

### **2.2.3. Larva.**

En la familia Culicidae, se desarrollan 4 estadios larvarios que pueden darse en diferentes cuerpos de agua, varios autores señalan que existen diferentes factores físicos y químicos del agua, que determinan la presencia, abundancia y distribución de las poblaciones larvarias de culícidos en diferentes ambientes, incluso llegándose a establecer patrones de ocurrencia (Marquetti 2008).

Como organismos poiquiloterms, la influencia de la temperatura es evidente durante los cuatro estados de desarrollo, afectando de manera general a su supervivencia. Para las larvas en particular, se sabe que el crecimiento corporal y la velocidad de desarrollo se encuentran correlacionados positivamente con la temperatura (Bueno 2010). Por otro lado, se encuentra que la cantidad de recursos alimenticios disponibles en el hábitat es un factor a considerar, cuando el recurso es escaso la larva retarda su transformación a la fase de pupa, así mismo una elevada densidad de larvas agota los recursos y aumenta la competencia, que se traduce en un retraso del desarrollo, reducción del tamaño o bien en la mortalidad de las larvas (Encinas 1982, Marquetti 2008, Bueno 2010).

Las larvas son metapneústicas, es decir, de los diez pares de espiráculos que presentan, únicamente aquel par presente en el octavo segmento abdominal es el que posee funciones respiratorias y aeropneústicas (i.e. respiran oxígeno atmosférico) (Coto 1998) por lo que suelen encontrarse por debajo de la superficie del agua, dispuestas con el sifón (i.e. estructura respiratoria) hacia la superficie de la columna de agua. Algunos

géneros presentan modificaciones que aumentan la flotabilidad del sifón y por ende el contacto con la atmósfera, como por ejemplo sedas hidrófugas (Encinas 1982, Rueda 2008, Bueno 2010).

En general, las larvas de Culicidae son omnívoras, sin embargo algunas presentan patrones en su alimentación que permitieron la clasificación de las larvas en: colectoras-filtradoras, colectoras-recogedoras, detritívoras, trituradoras y depredadoras (Merritt *et al.* 1992). Las primeras se alimentan por filtración de partículas detríticas suspendidas en el agua, por lo que se encuentran a diferentes profundidades, las segundas (recolectoras-ramoneadoras) se alimentan luego de provocar una resuspensión y posterior filtración de partículas detríticas que se encuentran depositadas sobre diversos cuerpos sumergidos o de aquellas que se encuentran depositadas en el fondo (Encinas 1982, Bueno 2010).

Las especies detritívoras, se alimentan de partículas adheridas a la superficie de las plantas y rocas sumergidas, así como de diversas algas y protistas, se ubican cerca de la vegetación a diferentes profundidades. Se habla de larvas trituradoras para referirse a aquellas que seccionan los fragmentos de tejido vegetal o animal y los ingieren. Por último, las larvas depredadoras se alimentan de invertebrados vivos, entre ellos miembros de la misma familia situándose por tanto en cualquier posición dentro del ambiente acuático (Encinas 1982, Bueno 2010).

#### **2.2.4. Pupa.**

El estado inmaduro más corto, es el de la pupa, la mayoría de las pupas de los holometábolos se mantienen inmóviles la mayor parte del tiempo. No obstante, las pupas de Culicidae son excelentes nadadoras. La emergencia de inmaduro a adulto es el paso más crítico del ciclo, debido a que durante al menos quince minutos el mosquito estará inmóvil e indefenso frente a cualquier depredador, por lo que momentos antes de la emergencia se trasladan hacia lugares que le brinden protección (Bueno 2010).

### 3. ANTECEDENTES.

La vigilancia entomológica es uno de los temas que está en boga, haciendo especial referencia en los culícidos ubicados en áreas urbanas y periurbanas por su importancia médica y veterinaria (Muñoz *et al.* 2006, Navarro *et al.* 2010, Parra 2010).

López *et al.* (2002) con el propósito de identificar las especies de culícidos y monitorear posibles vectores de agentes patógenos, en el Lago Igapó localizado en un área urbana de Paraná, Brasil colectaron durante un año larvas en cinco puntos a lo largo del lago, con un esfuerzo de muestreo ponderado en dos lanzamientos netos de redes entomológicas para insectos acuáticos en cada punto, registrando 5 géneros: *Anopheles*, *Culex*, *Aedeomyia*, *Aedes* y *Uranotaenia*, siendo *Anopheles* el más abundante, con una alta densidad en los meses de julio a septiembre que corresponden con el periodo de menor precipitación. Los autores comentaron que la presencia de *Anopheles*, *Aedeomyia* y *Aedes* podría estar asociada con el bajo nivel de contaminación del lago. Los 4 géneros restantes presentaron fluctuaciones no significativas durante el año de colecta y sus abundancias mantuvieron una estrecha relación con la temperatura y las precipitaciones, razón por la cual destacaron que el lago localizado en un área urbana brinda las condiciones para el desarrollo de la culícido-fauna, pudiendo ocasionar problemas relacionados con la calidad de vida de la población.

Menezes *et al.* (2003) estudiaron la asociación de *Mansonia* con plantas acuáticas presentes en el lago Varzea en Amazonas, Brasil. Para ello, realizaron tomas aleatorias de plantas con ayuda de una red desde el borde del humedal hasta el centro, con cuidado de no perder las raíces al cortar las plantas. En consonancia con lo anterior, las larvas que salían de las raíces fueron colectadas con pipetas de plásticos y llevadas al laboratorio en recipiente hermético con agua y plantas del criadero. Seguidamente en el laboratorio, examinaron los tractos digestivos de las larvas con ayuda de un microscopio compuesto, obteniendo cuatro especies de *Mansonia* asociadas a dos plantas acuáticas (*E. crassipes* y *Ceratopteris*) así mismo, encontraron diferencias en la riqueza de especies entre las plantas y relacionaron este hecho entre otros factores a: el tamaño de la aerénquima en *E. crassipes* siendo este mayor que en *Ceratopteris*, por lo que puede contener más oxígeno y así mantener a un mayor número de larvas; por otro lado los

tejidos de *Ceratopteris* son más rígidos dificultando la perforación por parte del sifón de la larva. Además, señalan la marcada estacionalidad durante el período de estudio, en estas plantas las mayores densidades están vinculadas con la disminución de agua (período agosto-octubre) mencionando que estos resultados se deben a la mayor cantidad de nutrientes presentes en este periodo precisamente por el levantamiento de los recursos que permiten la proliferación de las plantas acuáticas, proporcionando más abrigo y alimentos a esta fauna asociada. En este trabajo, también fueron colectadas especies de *Culex* y *Uranotaenia* sin embargo no fueron consideradas en el análisis general.

Ludueña *et al.* (2004) caracterizaron la culícido fauna presente en la laguna de Mar Chiquita, Córdoba, Argentina. Resaltando la importancia sanitaria, epidemiológica y económica de estos insectos, para ello colectaron larvas mediante la técnica del *dipping* y adultos mediante trampas de luz tipo CDC con CO<sub>2</sub> en los bordes de laguna, y áreas circundantes, respectivamente, actualizando la lista de especies reportadas y anunciando nuevas especies pertenecientes a los géneros *Culex*, *Mansonia*, *Psorophora*, *Uranotaenia* y *Haemagogus*. En consecuencia, los autores señalan que es evidente la necesidad de estudios que permitan conocer los culícidos presentes en ambientes potencialmente visitados y/o que poseen los atributos necesarios para que se den los ciclos de transmisión de enfermedades como la fiebre amarilla, encefalitis equina venezolana, virus Cache-Valley, entre otras los cuales han sido aislados en humedales de la Argentina.

Bueno *et al.* (2010) estudiaron durante un año la culícido fauna en todos los enclaves hídricos de la ciudad de Valencia, España, incluyó acequias y canales, malladas, arrozales, fuentes, ríos y humedales, haciendo una diferenciación adicional entre áreas antropizadas y naturales. En tal sentido, obtuvieron altos porcentajes de culícidos en ambientes acuáticos de comportamiento léntico, y en las áreas naturales. Representantes de los géneros *Aedes* y *Culex* fueron reportados durante todo el período de colecta, por lo que sugieren que son un máximo exponente del oportunismo, entendido éste como la capacidad de explotar ambientes que aparecen y desaparecen de forma intermitente, comportamiento característicos de esta familia. Los ambientes lénticos, ofrecidos por la mayoría de los enclaves estudiados brindan los requerimientos necesarios para que se desarrollen estos géneros, tanto en larvas como adultos durante

todo el año, sin embargo evidenciaron un patrón asociado con la estacionalidad, colectando más ejemplares durante la primavera (mayo, junio). Así mismo advirtieron que las especies más antropofílicas fueron capturadas en ambientes alejados de los grandes núcleos de ocupación humana, sin embargo su control poblacional es igualmente prioritario, debido a que algunas de las especies colectadas pueden desplazarse varios kilómetros en busca de nuevos hospederos.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los mosquitos son invertebrados claramente oportunistas, los cuales pueden adaptarse a una gran variedad de ambientes acuáticos, los estados preimaginales prefieren aguas lénticas, a pesar de ello se han encontrado ciertas especies en ambientes lóticos, como ríos o arroyos, aunque siempre asociados a los márgenes donde se forman los remansos. Por otro lado, algunas especies están vinculadas en gran medida con su ambiente, el desarrollo larval está gobernado por una serie de factores ambientales que afectan de manera desigual a los mosquitos. La balanza de la sobrevivencia poblacional esta inclinada hacia la correcta selección del hábitat hídrico que realicen las hembras, puesto que la continuidad del ciclo de vida depende totalmente de la idoneidad de este punto (Machado 1981, Bueno *et al.* 2010, Alarcón 2013).

La heterogeneidad del hábitat suele determinar la composición de mosquitos presentes en el mismo, permitiendo con ello una mayor diversidad y abundancia de larvas en estos ambientes. La laguna de FACES es un humedal permanente, que presenta una gran diversidad de animales y vegetación, los cuales crean microhábitats en toda la extensión del humedal. Adicionalmente, tiene un régimen de mantenimiento continuo, es decir es un ambiente que puede ser considerado estable. Mientras que el humedal de Postgrado, es semipermanente, la vegetación es homogénea y no presenta ninguna clase de mantenimiento, un ambiente que puede ser considerado como inestable. Estos humedales se encuentran en el Campus de la Universidad de Carabobo, próximos entre sí, sin embargo, sus diferencias pueden tener un efecto en la comunidad de mosquitos presentes en cada humedal (Díaz *et al.* 2010).

## 5. HIPÓTESIS.

Se ha planteado que, los mosquitos poseen una gran adaptabilidad a múltiples ambientes, debido a su desarrollo larvario acuático, explotan distintos sistemas que potencialmente puedan retener agua, en este contexto, los humedales son un ecosistema de especial interés (Bueno 2010, Navarro *et al.* 2010). En tal sentido, el Campus de la Universidad de Carabobo posee humedales que presentan diferencias en relación al área, vegetación, mantenimiento, entre otras. Es por ello que, al comparar los humedales entre sí deberían observarse diferencias en la composición de la culícido fauna, presentando aquel humedal con mayor área, más variedad de vegetación y mantenimiento (i.e. Laguna de FACES) la mayor riqueza de taxa, en comparación con un humedal menos estable (i.e. humedal cercano a Postgrado).

Así mismo, se ha comentado que existen diferencias en la riqueza y abundancia de taxa en relación a la estacionalidad, por lo que se espera observar una alta diversidad y abundancia en los meses de sequía en contraposición con los meses de lluvia (López *et al.* 2002, Menezes *et al.* 2003, Bueno *et al.* 2010).



## **6. OBJETIVOS.**

### **6.1. Objetivo General.**

Caracterizar espacio-temporalmente los atributos biológicos univariantes y multivariantes de la comunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de dos humedales del Campus de la Universidad de Carabobo.

### **6.2. Objetivos Específicos.**

- ❖ Describir fisicoquímicamente y ambientalmente cada humedal.
- ❖ Describir la vegetación asociada a cada humedal.
- ❖ Medir los atributos biológicos univariados que definen a la comunidad de culícidos, tales como: abundancia, diversidad, equidad e índice de similitud.
- ❖ Comparar temporalmente los cambios en la composición taxonómica de la comunidad de mosquitos en cada humedal.
- ❖ Comparar la composición taxonómica de culícidos entre ambos humedales.
- ❖ Evidenciar posibles relaciones entre la composición taxonómica de la culicidofauna y las variables ambientales que describen a cada humedal.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 7.1. Área de Estudio.

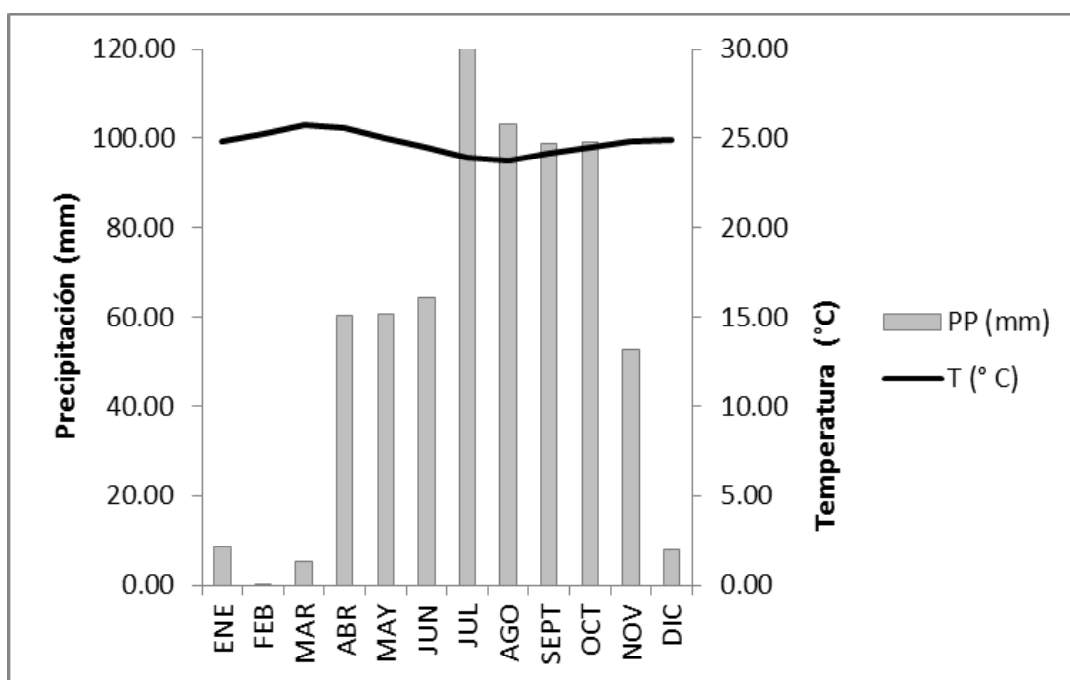
El Estado Carabobo se ubica en la zona central del país, limita al Norte con el Mar Caribe, al Este con el Estado Aragua, al Sur con los Estados Guárico y Cojedes, y al Oeste con el Estado Yaracuy. El Municipio Naguanagua, forma parte del mismo y cubre una extensión de 188 km<sup>2</sup> aproximadamente, con una población estimada de 146.997 habitantes para el 2011 (INE, 2011). Este municipio se caracteriza por presentar una temperatura media anual de aproximadamente 28 °C y precipitación media anual de 95mm, datos reportados por la estación meteorológica: 804720-SVVA ([www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net)).

Dentro del Municipio Naguanagua, se seleccionaron dos humedales: Laguna de FACES (10°16'29,64" N y 67°59'57,50" O) y Humedal Postgrado (10°16'23,57" N y 67°59'57,33 O) como se puede observar en la Figura 3, ambos ubicados dentro del Parque Universitario de la Universidad de Carabobo, del estado Carabobo (09°46'00", 10°32'00 N; 67°31'00", 68°28'00" O).



**Figura 3.** Mapa de una sección del Campus de la Universidad de Carabobo, señalando las áreas de estudio. Tomado y modificado de Google Maps.

Para determinar las fechas de colecta, se evaluó la precipitación y temperatura de la estación meteorológica más cercana a los sitios de colecta y de esta manera poder realizar las comparaciones entre la estacionalidad. En la figura 4, se observa como la temperatura está asociada estrechamente con la distribución anual de las lluvias, para el Municipio Naguanagua, los meses con mayor precipitación y más bajas temperaturas van de mayo a octubre mientras que de enero hasta abril, corresponden a los meses de altas temperaturas y menor precipitación, con base a esta tendencia se realizaron las colectas de los ejemplares en los meses marzo-abril y julio-agosto, correspondientes a sequía y lluvia, respectivamente.



**Figura 4.** Precipitación y temperatura mensuales promedio para Valencia, durante el período 2002-2012. Datos de la estación meteorológica: 804720 (SVVA).

### 7.1.1. Campus de la Universidad de Carabobo.

A través del análisis de los recursos naturales existentes en el área que ocupa, se logra definir cuatro ecosistemas fundamentales: Bosque caducifolio, Humedal, Sabana y Bosque de Galería, éstas áreas presentan una alta biodiversidad con importancia biológica, como por ejemplo áreas para la anidación y migración de aves (Díaz *et al.*

2010). Se concibe como un espacio destinado a la enseñanza, investigación y para el disfrute de la comunidad que hace vida dentro de la universidad.

La diversidad de árboles, actúan como un importante pulmón vegetal del sector además resalta su importancia como relicto de la vegetación típica de la zona urbana del municipio Naguanagua. En combinación con los humedales actúan como amortiguador de la temperatura, formando un escenario florístico y paisajístico que convierte al campus en una zona muy concurrida por los ucistas (Díaz *et al.* 2010).

## **7.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

### **7.2.1. Descripción de los humedales.**

Para la caracterización de los humedales, se escogieron nueve puntos de colecta para la Laguna de FACES e igual para el área de Postgrado, cubriéndose de manera representativa el área total de dichos humedales. Luego de establecer los puntos de colecta, con ayuda de una cuadrata de un (1) metro de largo por dos (2) metros de ancho, se procedió con la toma de las variables fisicoquímicas y métrica, la cobertura vegetal y posteriormente, se colectaron los mosquitos en sus fases inmaduras (larvas/pupas) finalmente, se tomaron muestras vegetales para su identificación taxonómica, como se describe a continuación.

#### **7.2.1.2. Caracterización fisicoquímica y métrica de los humedales.**

Para evaluar las condiciones en las que habitan las larvas de los culícidos, se procedió a medir la profundidad, con ayuda de una vara métrica. Así mismo, se realizó la medición de las variables fisicoquímicas: Temperatura, pH y conductividad con ayuda de un sensor múltiple marca Lovibond modelo 150 y la turbidez con un turbidímetro (Orbeco-Hellige). Todas las medidas fueron tomadas en los laterales y centro de cada cuadrata, para obtener un promedio de los parámetros estudiados.

### **7.2.1.3. Caracterización Vegetal de los Humedales.**

Para la descripción de las plantas asociadas con la comunidad de mosquitos se le asignó un morfotipo a cada tipo de planta presente en cada una de las cuadratas, seguidamente se determinó su porcentaje de cobertura. Finalmente, se tomó una muestra de los morfotipos asignados, los cuales fueron puestas, entre hojas de papel periódico, el mismo fue rotulado con numeración de morfotipo, fecha, humedal y cuadrata, para su traslado a el Laboratorio de Docencia VIII del Departamento de Biología de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología para su posterior identificación.

Las plantas asociadas al sitio de colecta fueron identificadas en el Laboratorio de Botánica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para ello, se lavaron con abundante agua y se colocaron entre hojas de papel periódico, para proceder a prensar durante cuatro-seis días, con cuidado de cambiar los papeles cada dos días hasta que cada una de las plantas se secaron completamente. Seguidamente, se realizó la identificación con las claves de Velásquez (1994). Las plantas con flor se identificaron con base en el corte de las estructuras florales.

### **7.2.1.4. Colecta de estados inmaduros (larva y pupa) en cada humedal.**

En este estudio se tomaron 9 muestras por fecha de muestreo, lo que da un total de 36 muestras, para el humedal de FACES (18 en sequía y 18 en lluvias). Mientras que en el humedal de Postgrado el número total de muestras fue 18, correspondientes a la temporada de lluvias.

La técnica empleada durante la colecta de los estados inmaduros es la conocida como “*dipping*”, consiste en la introducción de un recipiente de volumen conocido en la columna de agua o medio hídrico del cual se desea estudiar una alícuota (Bueno *et al.* 2010). En este estudio, con ayuda de un dipper (=cucharón) de 500 ml, se realizó de manera aleatoria un barrido por la columna de agua en el área ocupada por la cuadrata en el borde de los humedales, siempre con precaución de no agitar mucho el área de colecta. Para sistematizar los datos, el esfuerzo muestral se fijó en 14 *dips* por cuadrata. Estudios previos han evidenciado que la cantidad de *dipps* establecida en este estudio es suficiente para cubrir criaderos de este tipo (Mendoza *et al.* 2008).

El agua tomada con el *dipper* se trasvasó en un recipiente plástico transparente para una observación preliminar, donde se seleccionó superficialmente las larvas de mosquito de interés con ayuda de un gotero de plástico. Posteriormente se transfirió dicho material a una bolsa plástica hermética transparente con agua del criadero, previamente identificada con lugar, fecha y número de cuadrata, para su traslado y posterior identificación al Laboratorio VIII de Docencia del Departamento de Biología de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología.

### **7.2.1.6 Determinación taxonómica de los Culícidos.**

Las larvas colectadas se criaron hasta la fase adulta, para ello, el contenido de cada bolsa se individualizó en viales de cría de 20 ml. Los envases fueron sellados con tela de tul, para no perder el individuo al éste completar su desarrollo. Así mismo, cada vial se rotuló con un código que hacía referencia al lugar de procedencia. Es importante destacar que se contó con agua del criadero para realizar el cambio periódico del agua de cada vial.

En un primer análisis taxonómico se determinó el género de las larvas, por lo que a cada exuvia dejada por el ejemplar desde larva hasta el estado de pupa se le practicó montaje en lámina portaobjetos con medio Hoyer (Agua destilada 40 ml, goma arábica granulada 30 g, hidrato de cloral 200 g, glicerina 20 ml) (Muñoz *et al.* 1990). Para el análisis de quetotaxia y su identificación se utilizó la clave e ilustraciones de Belkin *et al.* (1970), Chaverri (2010a) y Méndez *et al.* (2012).

Luego, para confirmar la identificación obtenida por el análisis de las larvas e identificar a nivel de especie, se realizó montaje de tipo doble con alfileres a los adultos (*Minuten Nadeln*) (Medina 1977). Para la determinación genérica se utilizó la clave de Chaverri (2010b) y para la identificación a nivel de especie se utilizó las claves de (Consoli & Oliveira 1998). Es preciso señalar que para la identificación de las especies de *Culex* se realizó la disección de los genitales masculinos y de la armadura cibarial de las hembras. Para ello, a los machos se les disectó a nivel del octavo segmento abdominal, para extraer genitales y a las hembras se les disectó la capsula cefálica, para extraer la armadura cibarial. Las estructuras mencionadas se trataron con KOH al 10%, para aclaramiento, seguidamente se levaron con alcohol y se procedió al montaje en

láminas portaobjetos, cada lámina se identificó con fecha, lugar de colecta, estructura y especie, ambos sexos se identificaron con las Claves de Bram (1967) Belkin *et al.* (1970) y el catálogo de Pecor *et al.* (1992).

Una colección de referencia del material identificado fue depositada al Museo de Zoología de la Universidad de Carabobo, Bárbula Estado Carabobo.

### **7.3. Análisis de los atributos biológicos univariados de la comunidad de mosquitos.**

Con el propósito de evaluar y comparar los atributos biológicos univariados y multivariados de la comunidad de mosquitos asociados a los humedales, se realizaron los cálculos que se describen a continuación.

#### **7.3.1. Abundancia Relativa.**

En el cálculo de la abundancia relativa; se totalizó el número de ejemplares colectados por especie, y éstos se dividieron independientemente por el número total de capturas. Los cálculos se realizaron para cada humedal.

#### **7.3.2. Análisis de la Diversidad.**

Se utilizaron algunos índices de uso generalizado en ecología (Moreno *et al.* 2011).

##### **7.3.2.1. Índice de diversidad.**

Con el propósito de comparar la diversidad entre ambos humedales se empleó, la Serie de números de Hill, es una medida del número de especies cuando cada una es ponderada por su abundancia relativa, esto significa que a medida que aumenta el número de especies, las más raras son menos importantes (Moreno *et al.* 2011).

Donde la derivación de ésta ecuación genera diferentes órdenes denominados k. Los tres primeros órdenes (k= 0 ó 1 ó 2) coinciden con las tres medidas más importantes de diversidad; en particular. si k = 0, entonces  $N_0 = S$  (número total de especies).

$$N_k = (\sum(p_i^k))^{1/(1-k)}$$

$$N_1 = e^{H'} = \exp(\sum p_i (-\log p_i))$$

$$N_2 = 1/\lambda = 1/\sum p_i^2$$

**Dónde:**

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$N_1$  = número de especies abundantes ( $e^{H'} = H'$  es el Índice de Shannon-Weiner)

$N_2$  = número de especies muy abundantes =  $1/\lambda$  (para  $\lambda$  ver el índice de Simpson)

A medida que aumenta el número de especies, las especies más raras tienen menos peso en la muestra y se obtienen valores más bajos de  $N_1$  y  $N_2$ .

En este trabajo se calculó específicamente el  $N_2$  porque es una medida que permite calcular el número efectivo de especies en una muestra.

### 7.3.2.2. Índice de Equidad.

Con el propósito de evidenciar si ambas comunidades de mosquito se diferencian en la distribución proporcional de sus especies, se empleo el índice J de equidad de Pírou: Este índice con base en los valores de del índice de Shannon-Weiner, expresa la equidad como la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada (Moreno 2001). Se calculó mediante la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$



**Donde:**

**J'**: es el índice de uniformidad calculado.

**H'**: Shannon-Weaver.

**H'max**:  $\text{Log}_{10}$  del número de especies.

El índice de equidad mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor oscila entre 0 y 1, donde 1 corresponde a situaciones en las que todas las especies son igualmente abundantes.

**7.3.2.3. Índice de Similitud.**

Para comparar la composición taxonómica univariada de las comunidades de mosquitos de ambos humedales, se aplicó el índice de Sorensen, relaciona la abundancia en común con respecto a toda la abundancia de especies encontradas en los dos sitios (Moreno *et al.* 2011). Se realizó con base en la siguiente fórmula:

$$I_{Scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

**Dónde:**

**aN**= número total de individuos en el sitio A.

**bN**= número total de individuos en el sitio B.

**pN**= sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

**7.4. Análisis Estadísticos.**

Para el estudio individual de la comunidad de mosquitos asociados a dos humedales seleccionados del campus universitario, así como para establecer diferencias estacionales se procedió a realizar un análisis preliminar de los datos, donde se

determinó que los datos no presentaban distribución normal, ni tampoco cumplen con los supuestos de homogeneidad de varianza. Por lo que se utilizaron estadísticos no paramétricos tipo Mann-Whitney con corrección de Bonferroni, para las comparaciones pertinentes a las variables fisicoquímicas y análisis de la comunidad dentro de cada humedal y entre los humedales, utilizando el programa estadístico PAST 2.1 (Hammer *et al.* 2001).

#### **7.4.1. Análisis de los atributos biológicos multivariados de la comunidad de mosquitos.**

Se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) esta prueba no paramétrica permite evidenciar las diferencias entre muestras sobre la base de una medida de distancia, para este caso se seleccionó Bray-Curtis. El ANOSIM realizado fue de una vía con un valor de 10000 réplicas y ajuste del valor de probabilidad de Bonferroni, con ello se obtuvo la significación estadística de las diferencias observadas entre los humedales estudiados.

Finalmente, se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (MDS) es una técnica multivariante de interdependencia que trata de representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de datos. Esta técnica nos permitió relacionar los datos biológicos y ambientales registrados durante la investigación, permitió determinar el aporte y relación de las variables ambientales en relación con las comunidades de mosquitos. Ambos análisis fueron realizados mediante el programa PAST. 2.1 (Hammer *et al.* 2001).

## 8. RESULTADOS.

### 8.1. Descripción de las áreas de colecta.

#### 8.1.1. Caracterización fisicoquímica y métrica de los humedales.

El humedal de FACES está ubicado en las cercanías de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales dentro del Campus Universitario, es una laguna artificial de aproximadamente 15 hectáreas, rodeada de áreas verdes. Los parámetros fisicoquímicos y métricos del humedal de FACES tomados durante sequía y lluvia se detallan en la Tabla I, donde se puede observar que los valores promedio de temperatura del agua no variaron significativamente (Mann-Whitney  $U=134$ ,  $p>0,05$ ) entre los periodos de sequía y lluvia, manteniéndose aproximadamente en  $28^{\circ}\text{C}$ , lo propio se nota en los valores de conductividad (Mann-Whitney  $U=107$ ,  $p>0,05$ ). Sin embargo, el pH difirió significativamente a nivel temporal (Mann-Whitney  $U=35$ ,  $p<0,05$ ) durante el periodo de sequía el pH tendió a la alcalinidad mientras que durante el periodo de lluvias tendió a la neutralidad. La turbidez presenta diferencias (Mann-Whitney  $U=89$ ,  $p<0,05$ ) entre los periodos de colecta, siendo menor en sequía respecto al periodo de lluvias, finalmente, se nota que la profundidad del humedal fue mayor en sequía que durante las lluvias (Mann-Whitney  $U=145$ ,  $p<0,05$ ).

**Tabla I.** Estadísticos descriptivos de las diferentes variables fisicoquímicas y métrica medidos en el humedal de FACES de la Universidad de Carabobo durante sequía y lluvia. MA= media aritmética  $\pm$  Desviación Estándar.

Temporada	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Conductividad (mS)	pH	Turbidez (NTU)	Profundidad (cm)
<b>Sequía</b>	$28,06 \pm$	$0,18 \pm$	$8,74 \pm$	$28,81 \pm$	$27,49 \pm$
MA $\pm$ Desv. Est.	1,61	0,02	0,70	55,98	9,53
<b>Lluvia</b>	$27,99 \pm$	$0,19 \pm$	$7,62 \pm$	$40,62 \pm$	$39,7 \pm$
MA $\pm$ Desv. Est.	0,68	0,02	0,45	37,21	8,34

El humedal de Postgrado, se encuentra ubicado dentro del territorio de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, cerca de uno de los extremos de la laguna de FACES, es un humedal artificial que cuenta con un área de aproximadamente 11 hectáreas. Durante la colecta en sequía no se tomaron datos fisicoquímicos ni métricos debido a que el humedal estaba seco y la vegetación dificultó el acceso al relicto de agua central. Las variables fisicoquímicas y métricas medidas durante la colecta en lluvias, se observan en la tabla II, donde se aprecia que el humedal se caracterizó por presentar una temperatura promedio de 24,95 °C, conductividad de 0,23 mS, el pH se ubicó en 6,7 y finalmente la turbidez en 55, 78 NTU. En relación a la profundidad, única variable métrica en consideración fue de aproximadamente 18 cm.

**Tabla II.** Estadísticos descriptivos de las diferentes variables fisicoquímicas y métrica medidos en el humedal de Postgrado de la Universidad de Carabobo durante sequía y lluvia. MA= media aritmética  $\pm$  Desviación Estándar.

Temporada	Temperatura (°C)	Conductividad (mS)	pH	Turbidez (NTU)	Profundidad (cm)
<b>Sequía</b>					
MA $\pm$ Desv. Est.	*	*	*	*	*
<b>Lluvia</b>	24,95 $\pm$	0,23 $\pm$	6,73 $\pm$	55, 78 $\pm$	18, 78 $\pm$
MA $\pm$ Desv. Est.	0,42	0,04	0,25	52,89	6,26

\*temporada sin colecta.

En relación a la variación de éstas variables en los humedales, no pudo ser comparable por la ausencia de datos en el humedal de Postgrado durante las colectas en sequía, sin embargo para la temporada de lluvias, las variables que presentaron diferencias significativas de acuerdo con un análisis no paramétrico de Mann-Whitney fueron: Temperatura ( $U=14$ ,  $p<0,05$ ), la Conductividad ( $U=99$ ,  $p<0,05$ ), el pH ( $U=22,5$ ,  $p<0,05$ ) y la Profundidad ( $U=73,5$ ,  $p<0,05$ ).

### 8.1.2. Descripción vegetal de los humedales.

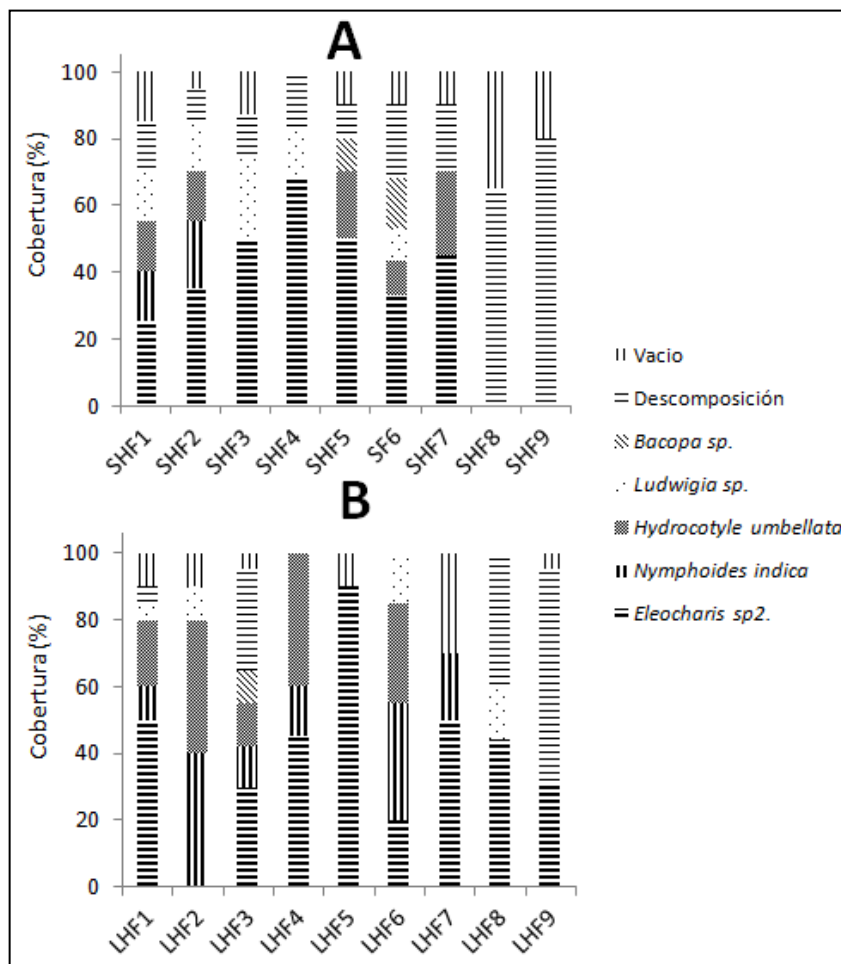
Las plantas acuáticas asociadas al humedal de FACES fueron identificadas como: *Eleocharis* sp2 (Figura 5-B) Cyperaceae, *Nymphoides indica* Menyanthaceae (Figura 5-C), *Hydrocotyle umbellata* Apiaceae (Figura 5-D), *Bacopa* Scrophulariaceae (Figura 5-E) y *Ludwigia* Onagraceae (Figura 5-F), mientras que en el humedal de Postgrado *Eleocharis* sp1 (Figura 5-A) otra Cyperaceae fue la única planta identificada para este humedal, una imagen representativa de todas las plantas asociadas a los criaderos de mosquitos se presentan en la figura 5, adicionalmente se muestra una imagen que hace referencia a lo denominado en la descripción vegetal como Descomposición, que no es más que el espacio dentro de la cuadrata que se encontraba sumergida y en mal estado.



**Figura 5.** Plantas colectadas en el humedal de FACES y de Postgrado: Humedal Postgrado: *Eleocharis* sp1. (“Junco”). Humedal de FACES: B: *Eleocharis* sp2. (“Junco”), C: *Nymphoides indica* (“Corazón de agua”), D: *Hydrocotyle umbellata* (“Lochita”), E: *Bacopa*, F: *Ludwigia* (“Clavito de Pozo”), G: *Cyperus papyrus* (“Papiros”), H: Material vegetal en descomposición.

Durante el periodo de sequía y lluvia, la cobertura de las plantas presentó diferentes arreglos o configuraciones, en la figura 6 se detalla el porcentaje de cobertura de cada planta presente en la laguna de FACES, por cuadrata.

En general, la heterogeneidad espacial del hábitat en relación a la cobertura vegetal, fue temporalmente variable. En tal sentido, durante sequía se mostró dinámica y variante, evidenciándose la mayor variedad en las cuadratas uno y dos (plantas en buen estado). Mientras que en lluvias, la cobertura de plantas en buen estado tendió a aumentar y la cobertura de las plantas en descomposición tendió a disminuir, al igual que en el área en la cual no se observaron plantas (vacío). Las cuadratas ocho y nueve, presentaron el mayor porcentaje de material vegetal en descomposición en ambas temporadas.



**Figura 6.** Porcentaje de cobertura vegetal de plantas colectadas en el Humedal de FACES de la Universidad de Carabobo en sequía (A) y lluvias (B). **SHF**=Sequía Humedal de FACES, **LHF**: Lluvia Humedal de FACES. El número indica la cuadrata.

*Eleocharis* sp2. durante sequía presentó el mayor porcentaje de cobertura entre las cuadratas uno y siete, mientras que durante lluvias su porcentaje varió, en algunas cuadratas tendió a aumentar y en otras tendió a disminuir. Sin embargo, se extendió a las cuadratas ocho y nueve. *Nymphoides indica* sólo se encontró en las cuadratas uno y dos durante sequía, mientras que durante la temporada de lluvia estuvo en casi todas las cuadratas, excepto en la ocho y nueve. La cobertura de *Hydrocotyle umbellata*, tendió a aumentar en lluvias, encontrándose en todas las cuadratas de la zona sur del humedal de FACES. *Bacopa* solo se encontró en las cuadratas cinco y seis durante sequía. Finalmente, el porcentaje de cobertura de *Ludwigia* fue el menor tanto en sequía como en lluvias.

## 8.2. Análisis de los atributos biológicos univariados de la composición taxonómica de la comunidad de mosquitos asociadas a los humedales.

### 8.2.1. Abundancia y riqueza de la comunidad de mosquitos.

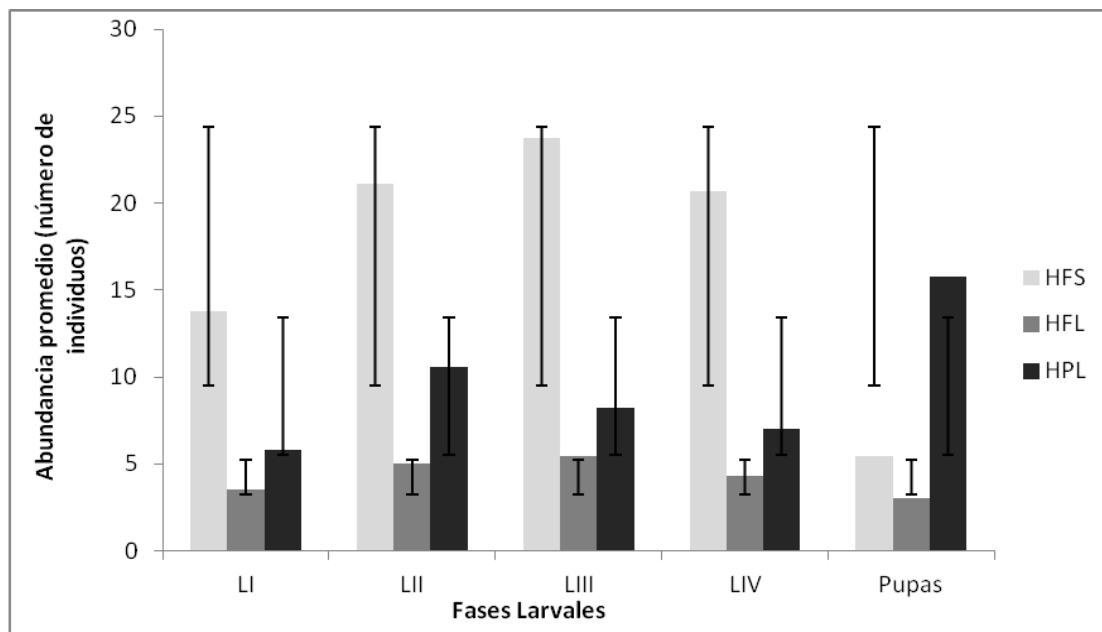
El número total de estadios inmaduros colectados durante el estudio fue de 1360 larvas, 934 ejemplares correspondieron al humedal de FACES (763 en sequía y 171 en lluvias) y 426 ejemplares fueron colectados en el humedal de Postgrado asociados con la temporada de lluvia. En la Tabla III se describe la abundancia total de larvas colectadas en los humedales, por fase de desarrollo larval y temporada.

**Tabla III.** Abundancia total de cada periodo larval y pupa en los humedales de FACES y de Postgrado, en sequía y lluvia. **L<sub>I</sub>**: Larva en primera fase de desarrollo, **L<sub>II</sub>**: Larva en segunda fase de desarrollo, **L<sub>III</sub>**: Larva en tercera fase de desarrollo, **L<sub>IV</sub>**: Larva en cuarta fase de desarrollo. **SHF**: Sequía Humedal de FACES, **LHF**: Lluvia Humedal FACES, **LHP**: Lluvia Humedal Postgrado.

	<b>L<sub>I</sub></b>	<b>L<sub>II</sub></b>	<b>L<sub>III</sub></b>	<b>L<sub>IV</sub></b>	<b>Pupas</b>	<b>Total</b>
<b>SHF</b>	124	190	214	186	49	763
<b>LHF</b>	32	45	49	39	6	171
<b>LHP</b>	52	95	74	63	142	426
<b>Total</b>	208	330	337	288	197	1360

En la figura 7 se muestran las abundancias promedio de las diferentes fases larvarias y pupa por humedal y periodo de colecta. El humedal de FACES presenta la

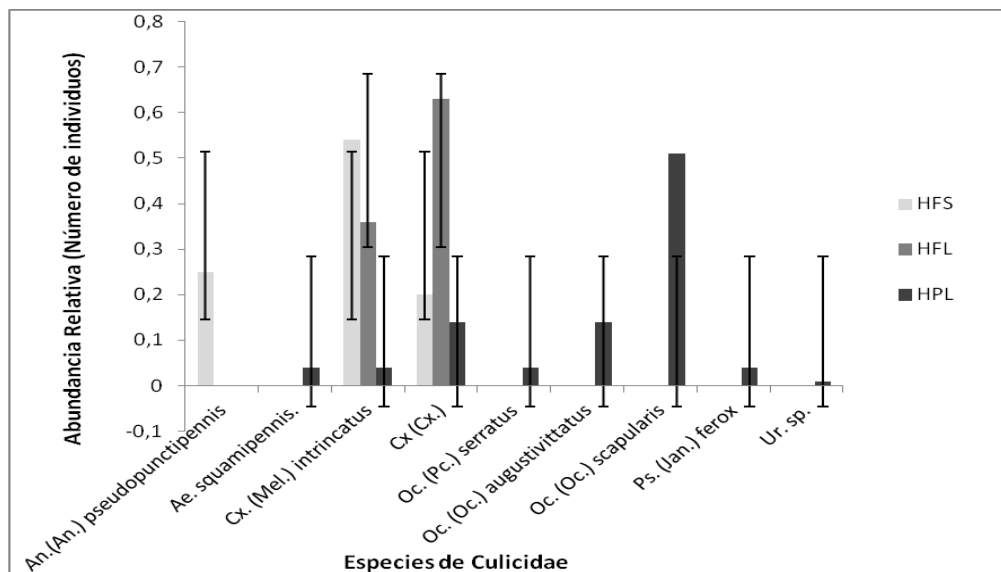
mayor abundancia en el periodo de sequía, en contraparte con lluvias, excepto para el caso de las pupas. Por otro lado, se puede apreciar que en relación al periodo de lluvias la abundancia de individuos en el humedal de postgrado supera a la abundancia reportada para el humedal de FACES. Adicionalmente, se puede notar que la abundancia de larvas en sus diferentes fases es menor respecto al humedal de Postgrado, sin embargo la presencia por cuadrata tiende a ser más homogénea en el humedal de FACES.



**Figura 7.** Abundancia promedio de los estadios larvales y pupa de los mosquitos en el humedal de FACES y humedal de Postgrado durante sequía y lluvia. **HFS:** Humedal de FACES Sequía, **HFL:** Humedal FACES Lluvia, **HPL:** Humedal Posgrado Lluvia. **Barra:** Desviación estándar.

La abundancia de especies en la laguna de FACES no presentó diferencias entre los dos periodos de colecta (Mann-Whitney  $U= 1,35$   $p>0,1$ ) la especie más abundante para los periodos de sequía y lluvia fue *Cx. (Mel.) intricatus* con 0,54 y 0,36 individuos promedios respectivamente, seguido de *Cx. (Cux.)* con 0,21 y 0,63. *An. (Ano.) pseudopunctipennis* sólo se registro en sequía con una abundancia de 0,25 como se observa en la figura 8.





**Figura 8.** Abundancia relativa de las diferentes especies de Culicidae colectadas en los humedales de FACES y de Postgrado. **HFS:** Humedal de FACES Sequía, **HFL:** Humedal FACES Lluvia, **HPL:** Humedal Posgrado Lluvia. **Barra:** Desviación estándar.

Al comparar las abundancias de las especies registradas en el humedal de Postgrado y el humedal de FACES durante el periodo de lluvias, se observan diferencias significativas (Mann-Whitney  $U=1$ ,  $p<0,05$ ). En general, ambos humedales compartieron dos especies: *Cx. (Mel.) intricatus* (0,14) y *Cx. (Cx.)* (0,04). No obstante, las abundancias en el humedal de postgrado fueron menores respecto a las descritas para el humedal de FACES durante las colectas de sequía. Adicionalmente, en la figura 8 se puede observar en gris oscuro las abundancias de las especies registradas para el humedal de postgrado, *Ae. (Och.) scapularis* (0,51) presentó la mayor abundancia, le sigue en orden decreciente, *Ae. (Och.) angustivittatus* (0,14), *Ps. (Jan.) ferox* (0,04), *Ae. squamipennis* (0,04), *Ae. (Pcx.) serratus* (0,04), siendo *Uranotaenia* el género más raro u ocasional.

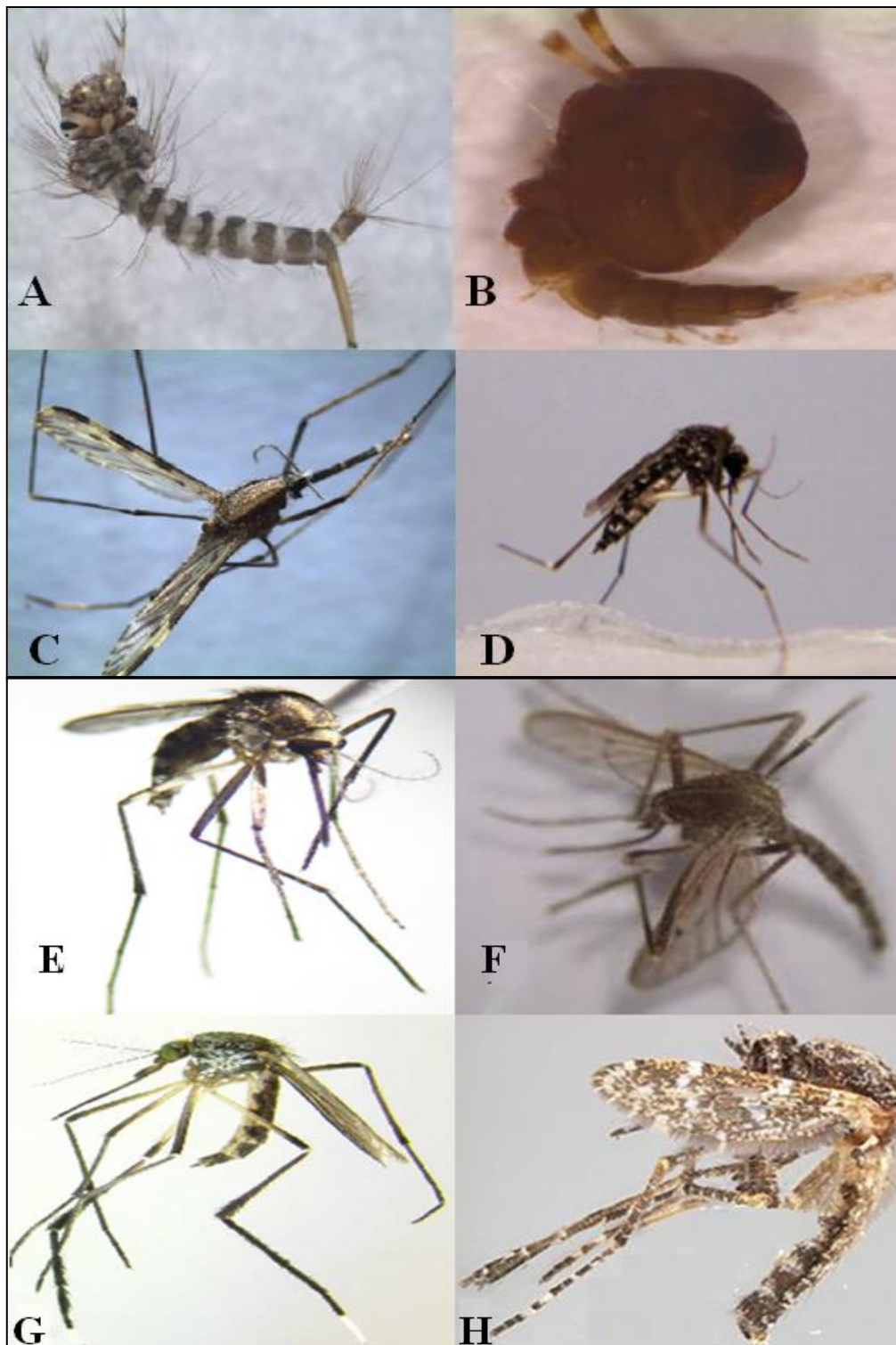
Se realizaron estimaciones y comparaciones de la riqueza de taxa por temporada de colecta y humedal, Del total de larvas y pupas colectadas en ambos humedales, 215 llegaron al término de su ciclo de vida, es decir, pasaron a adultos. Por otro lado, del total del total de individuos colectados (1360 larvas y pupas) solo a partir de 289 ejemplares se pudo lograr la identificación taxonómica hasta el nivel de género y especies. De acuerdo con el análisis taxonómico basado en el estudio de su quetotaxia y

morfología general, se identificaron nueve especies, las cuales se encuentran distribuidas en orden decreciente, en función a su abundancia: *Aedes (Och.) scapularis* Rondani 1848 (82), *Culex (Mel.) intricatus* Brethes 1916 (69), *Culex (Cux.) Linnaeus* 1758 (54), *Anopheles (Ano.) pseudopunctipennis* Theobald 1901 (29), *Aedes (Och.) angustivittatus* Dyar & Knab 1907 (22), *Psorophora (Jan.) ferox* Von Humboldt (8), *Aedomyia squamipennis* Lynch-Arribalzaga 1878 (10), *Aedes (Pcx.) serratus* Theobald 1901 (9), *Uranotaenia* Belkin 1953 (6). Sólo dos géneros: *Anopheles* y *Culex* estuvieron presentes en el humedal de FACES. Mientras que las nueve especies identificadas, excepto *Culex (Mel.) intricatus* estuvieron presentes en el humedal de Postgrado. En la tabla IV se muestra la riqueza de taxa descrita anteriormente, así mismo en la figura 8 se muestran imágenes representativas de las larvas, pupas y adultos colectados en los humedales.

**Tabla IV.** Riqueza de Taxa de Culicidae asociadas a los humedales de FACES y de Postgrado.

Género	Subgénero	Especie
<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles pseudopunctipennis</i>
<i>Aedomyia</i>		<i>Aedomyia squamipennis</i>
<i>Aedes</i>	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Aedes angustivittatus</i>
	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Aedes scapularis</i>
	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Aedes serratus</i>
<i>Psorophora</i>	<i>Jantinosoma</i>	<i>Psorophora ferox</i>
<i>Culex</i>	<i>Melanoconion</i>	<i>Culex intricatus</i>
	<i>Culex</i>	
<i>Uranotaenia</i>		

La riqueza de taxa en el humedal de FACES estuvo representada por tres especies en sequía y dos especies en lluvias, no se encuentran diferencias significativas (Mann-Whitney  $U=53,5$   $p<0,01$ ) asociadas a la temporalidad. Sin embargo, al comparar ambos humedales durante el periodo de lluvias, se observaron diferencias (Mann-Whitney  $U=3$   $p<0,01$ ). En tal sentido, el humedal de FACES presentó la menor riqueza, con dos especies en contraste con el humedal de Postgrado con ocho especies, que corresponden a la mayor riqueza de taxa.



**Figura 9.** Riqueza de taxa de Culicidos colectados en los humedales seleccionados del Campus de la Universidad de Carabobo. A: Larva de IV estadio de *Culex (Mel.) intricatus* B: pupa. C: *Anopheles (Ano.) pseudopunctipennis*, D: *Aedes (Och.) scapularis*, E: *Aedes (Och.) angustivittatus*, F: *Aedes (Och.) serratus*, G: *Psorophora (Jan.) ferox*, H: *Aedomyia squamipenni*.

### 8.2.2. Índices de diversidad, equidad y similitud de la comunidad de mosquitos.

Con el propósito de realizar comparaciones entre los humedales y periodos de colecta, en términos de atributos biológicos univariantes, se determinaron los índices de diversidad de Hill ( $N_2$ ), equidad J de Pielou y de similitud de Sorensen.

En la tabla V se muestran los valores del índice de diversidad para el humedal de FACES, la diversidad promedio en sequía fue de 2,064 y en lluvia de 0,776 mostrando diferencias significativas (Mann-Whitney  $U=18,5$   $p<0,05$ ) entre los periodos de colecta. En tal sentido, durante sequía el humedal presentó la mayor diversidad de taxa.

**Tabla V.** Índices de Diversidad de Hill ( $N_2$ ) del humedal de FACES para sequía y lluvia.

N	Sequía	Lluvia
1	2,273	0
2	2,273	0
3	1,786	0
4	0	2,632
5	2,857	0
6	2,174	0
7	2,273	0
8	3,125	2,083
9	1,818	0

Los índices J de Equidad de Pielou de las especies del humedal de FACES, se muestran en la tabla VI sus valores permiten inferir que las especies presentes están representadas con uniformidad. Mediante un análisis no paramétrico de Mann-Whitney se determinó que no se presentaron diferencias significativas entre las colectas realizadas durante sequía y lluvia ( $U= 20$   $p>0,05$ ) para este humedal.

**Tabla VI.** Índices J de Equidad de Pielou del humedal de FACES para sequía y lluvia.

<b>N</b>	<b>Sequía</b>	<b>Lluvia</b>
<b>1</b>	0,869	0,918
<b>2</b>	0,946	0
<b>3</b>	0,735	0
<b>4</b>	1	0,895
<b>5</b>	0,809	0
<b>6</b>	0,687	0
<b>7</b>	0,794	0
<b>8</b>	0,717	0,842
<b>9</b>	0,75	0

Los humedales no pudieron ser comparables para el periodo de sequía debido a la falta de datos en el humedal de postgrado, sin embargo en la tabla VII se muestran las diferencias en relación a la diversidad entre ambos humedales. El humedal de FACES aunque no muestra los valores de diversidad más bajos en relación al humedal de Postgrado, la mayoría de las cuadratas no presentaron diversidad en su composición taxonómica, como consecuencia se determinaron diferencias significativas de acuerdo con el estadístico no paramétrico de Mann-Whitney  $U=18$   $p<0,05$ .

**Tabla VII.** Índices de Diversidad de Hill ( $N_2$ ) para el humedal de FACES y el humedal de Postgrado durante el periodo de lluvia.

<b>N</b>	<b>FACES</b>	<b>Postgrado</b>
<b>1</b>	0	0,805
<b>2</b>	0	1,778
<b>3</b>	0	1,442
<b>4</b>	2,632	0,757
<b>5</b>	0	1,778
<b>6</b>	0	0,684
<b>7</b>	0	0,989
<b>8</b>	2,083	1,583
<b>9</b>	0	0,958

En relación con las diferencias entre la repartición de los organismos de las distintas especies presentes en cada humedal, en la Tabla VIII se observa que en el humedal de FACES las cuadratas con valores de equidad asociados presentan altos niveles de uniformidad, sin embargo los vacíos presentes hacen que exista una marcada

diferencia (Mann-Whitney  $U=11$   $p<0,01$ ) en relación con el humedal de Postgrado, donde no solo los valores de equidad son elevados ( $> 0,50$ ) sino que además se mantienen en cada una de las muestras.

**Tabla VIII.** Índices J de Equidad de Pielou para el humedal de FACES y el humedal de Postgrado durante el periodo de lluvia.

<b>N</b>	<b>FACES</b>	<b>Postgrado</b>
<b>1</b>	0,918	0,916
<b>2</b>	0	0,92
<b>3</b>	0	0,982
<b>4</b>	0,895	0,854
<b>5</b>	0	0,852
<b>6</b>	0	0,925
<b>7</b>	0	0,834
<b>8</b>	0,842	0,72
<b>9</b>	0	0,953

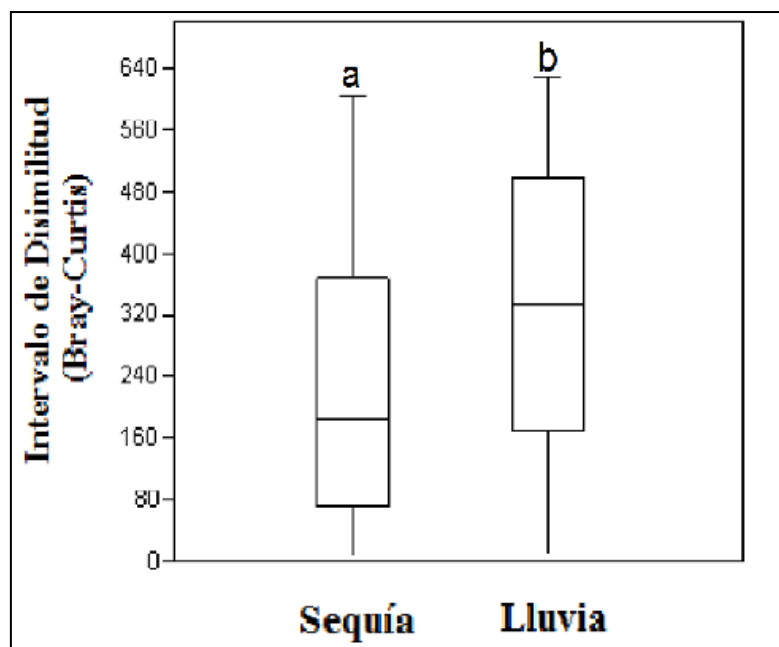
Finalmente, con el objeto de comparar la similitud en la composición de la comunidad de mosquitos durante el periodo de lluvias en ambos humedales se empleó el índice de Sorensen. En tal sentido, se evidencia que la composición de taxa parece diferir entre ambos humedales en la mayoría de las muestras de colecta, por lo que se podría inferir que el ensamblaje de especies es distinto en cada humedal.

**Tabla IX.** Índices de Similitud de Sorensen de los humedales de FACES y Postgrado durante el periodo de lluvia.

<b>N</b>	<b>Índice de Sorensen</b>
<b>1</b>	0,375
<b>2</b>	0,5
<b>3</b>	0,5
<b>4</b>	0,175
<b>5</b>	0,5
<b>6</b>	0,11
<b>7</b>	0,33
<b>8</b>	0,1
<b>9</b>	0,125

### 8.3. Evaluación de los atributos biológicos multivariados de la comunidad de mosquitos asociados a los humedales.

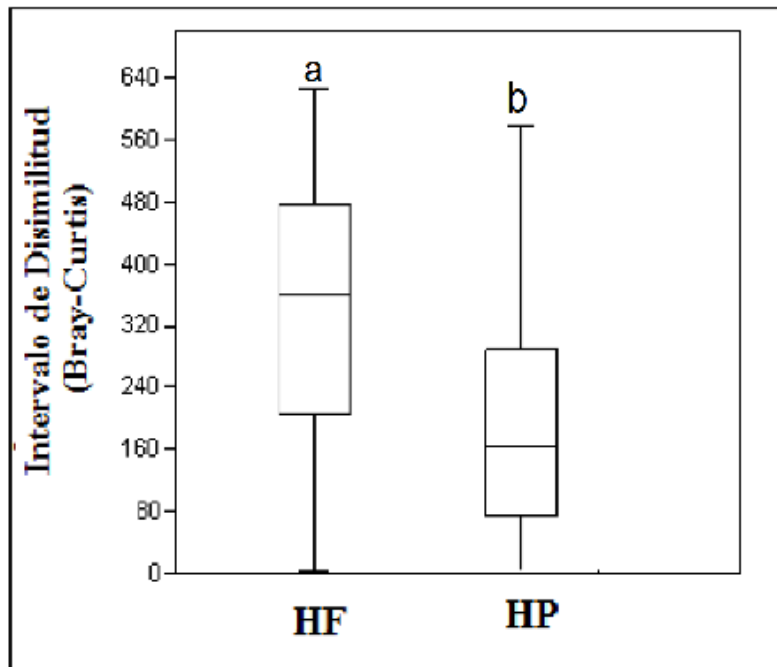
El análisis de similitud (ANOSIM) muestra que las diferencias observadas en el Humedal de FACES relacionadas con la temporalidad son significativas ( $R$  global: 0,2902  $p < 0,0001$ ) en las comparaciones realizadas. En la figura 10 se presentan los diagramas de caja comparativos para los intervalos de disimilitud de Bray-Curtis del humedal de FACES en sequía y lluvia. Se puede notar que las disimilitud en lluvia son mayores respecto a sequía, así mismo la variabilidad de los datos en ese periodo es mayor, puesto que la distribución de los datos es más asimétrica.



**Figura 10.** Diagramas de cajas verticales para los datos de composición taxonómica de la comunidad de mosquitos presentes en el humedal de FACES en sequía y lluvia. Letras distintas significan diferencias significativas.

En la comparación de los humedales durante el periodo de lluvias, el ANOSIM determinó que se encuentran diferencias significativas ( $R$  global: 0,2464  $p < 0,0001$ ), la figura 11 permite apreciar las diferencias encontradas, la disimilitud en el humedal de FACES es mayor en relación al humedal de Postgrado, así como la variabilidad de los datos. Ambos humedales presentan asimetría en sus datos, sin embargo en el humedal

de postgrado, los valores de la disimilitud de Bray-Curtis son menores y más homogéneos, con algunos valores que aumentan la misma.

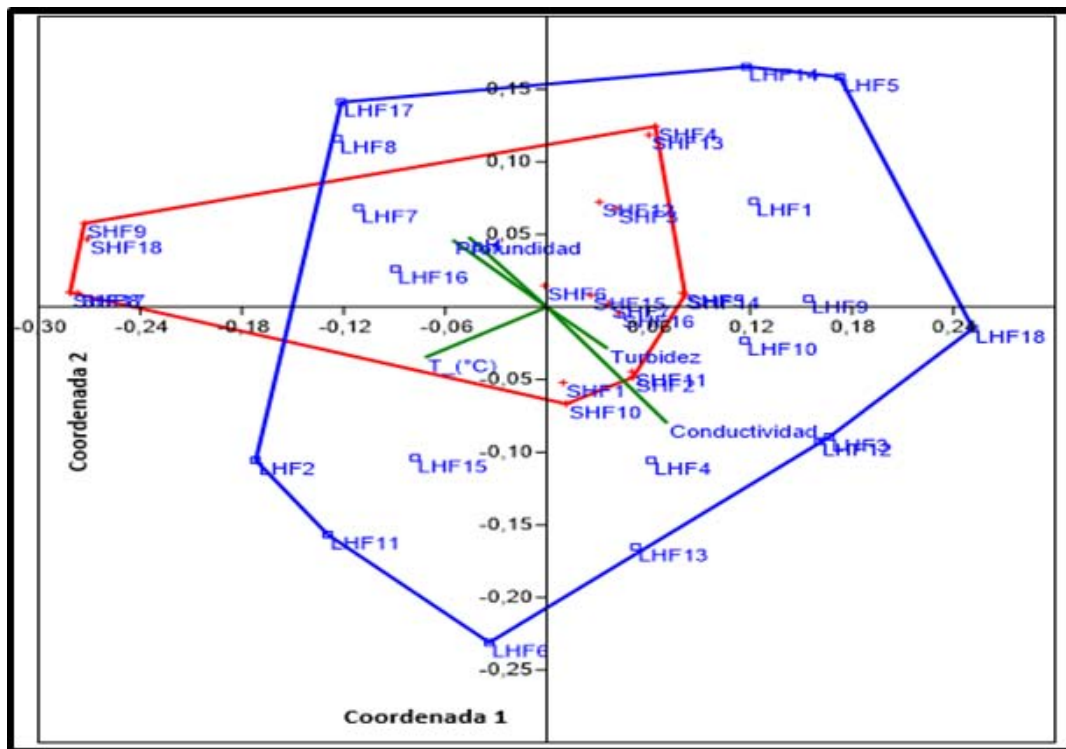


**Figura 11.** Diagramas de cajas verticales para los datos de composición taxonómica de la comunidad de mosquitos presentes en los humedales de FACES y Postgrado en lluvia. **HF:** Humedal de FACES, **HP:** Humedal de Postgrado. Letras distintas significan diferencias significativas.

A fin de determinar la relación de las variables fisicoquímicas y la composición vegetal de los humedales que condicionan la presencia de las especies de mosquitos asociados a cada humedal, se realizaron exploraciones mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico.

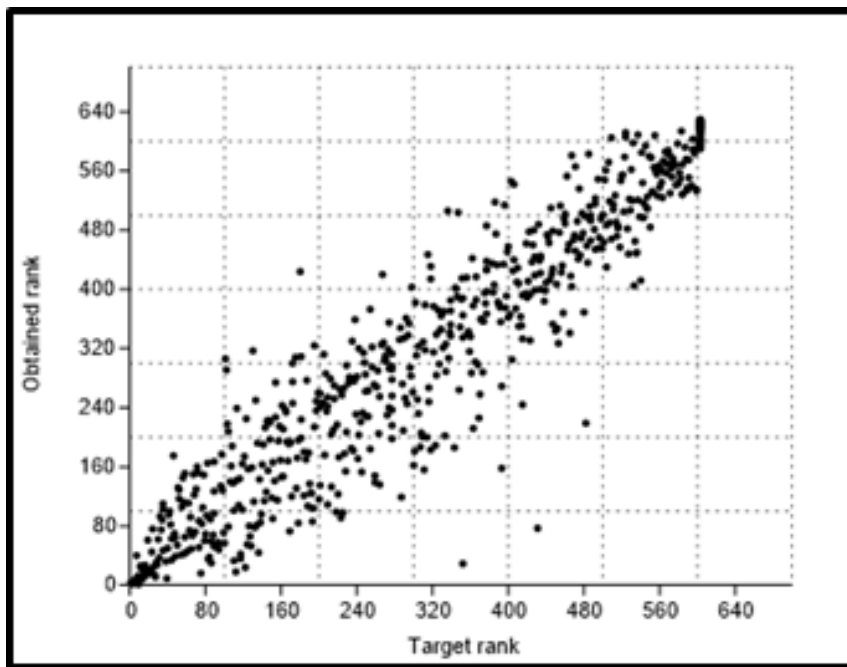
La figura 12 recoge la información obtenida en el humedal de FACES, en ella se observa la atracción entre las variables consideradas en este estudio, se nota que en la parte inferior o negativa se encuentra temperatura, turbidez y conductividad mostrando correlación negativa con las muestras tomadas en sequía y lluvia, las cuales a su vez no pueden ser diferenciadas entre sí. Las variables de profundidad y pH muestran relación positiva con las muestras colectadas temporalmente en el humedal. En el centro existe una aglomeración de puntos que nos permiten observar la atracción que existe entre ellas, mientras más cerca están las variables unas de otras, más atracción hay entre las mismas.





**Figura 12.** Ordenamiento de las variables fisicoquímicas, métricas, vegetación y especies de mosquitos colectadas en el humedal de FACES durante sequía y lluvia, usando análisis de escalamiento multidimensional no métrico.

Posterior al análisis en dos dimensiones, se obtuvo un *Stress* de 0,1751. Este parámetro definido por Kruskal (1964; citado por Linares, 2001) es un índice que calcula el ajuste entre las proximidades y distancias correspondientes. Esta medida toma valores entre 0-1, siendo 0 el ajuste perfecto y 1 para el peor ajuste. Kruskal sugirió límites para categorizar los valores que puede alcanzar el *Stress*: 0,20 en un ajuste malo, 0,10 para un ajuste aceptable, 0,05 en un ajuste bueno, 0,025 para un buen ajuste, y finalmente 0,00 en un ajuste perfecto. (Linares 2001). Por lo cual, nuestro ajuste es bueno. En la figura 13 está representado un diagrama *Shepard* que complementa la medida del *Stress*, es un diagrama de dispersión que representa las proximidades frente a las disparidades, la cual permite detectar los puntos más lejanos y la forma de la función obtenida, como se puede observar la función es creciente, lo que significa que la configuración de los datos presentan un buen ajuste, así mismo no se notan anomalías sobresalientes en la distribución de los puntos.



**Figura 13.** Diagrama de *Shepard* del análisis de escalamiento multidimensional no métrico efectuado para el humedal de FACES.

En el humedal de Postgrado, el tamaño del *Stress* fue muy alto  $> 0,4$  (=pobre) para la mayoría de las combinaciones abordadas.

## 9. DISCUSIÓN.

### 9.1 Descripción del sitio de colecta.

#### 9.1.1. Caracterización fisicoquímica y métrica de los humedales.

La literatura sobre descripciones de los ambientes ocupados por las fases acuáticas de los Culicidae destaca por su escasez, aún cuando el desarrollo de un análisis ecológicamente coherente es importante, no sólo por sus implicaciones prácticas y su poderoso valor predictivo en el uso de métodos de control, sino también por su contribución en la realización de generalizaciones biológicas (Machado 1981, Almirón & Brewer 1996, Rubio *et al.* 2005, Rueda 2008, Bueno 2010).

Las características físico-químicas del agua de acuerdo con varios autores podrían explicar no sólo la presencia de los mosquitos en sus fases inmaduras sino su abundancia y distribución en diferentes ambientes, incluso señalan que pueden advertir la aparición de diferentes especies (Forattini 1962, Rubio *et al.* 2005, Bueno 2010, Stein *et al.* 2011).

Los mosquitos como organismos poiquiloterms, son influenciados por la temperatura, se sabe que en larvas la velocidad del crecimiento corporal esta positivamente relacionado con ella, en el humedal de FACES la temperatura no fluctuó significativamente durante el tiempo de colecta, este comportamiento puede estar relacionado con la diversidad de plantas que se encuentran alrededor del humedal que otorgan sombra al agua y mantienen la humedad. Por su parte en el humedal de Postgrado la temperatura registrada en lluvia varía respecto al humedal de FACES, esta variación puede estar asociada con la cobertura vegetal presente en el humedal, no obstante la pendiente juega un valor importante debido a que dificulta la entrada de los rayos solares manteniéndose la temperatura más cálida propia de la temporada de lluvias (Rubio *et al.* 2005, Bueno 2010).

En relación a la conductividad del agua, es un valor que nos permite determinar las sales disueltas en ella, los valores observados en las tablas I y II para esta variable se encuentran dentro de la clasificación de aguas naturales muy poco salobres, así mismo la conductividad está relacionada con factores geográficos y topográficos del área (Figuroa *et al.* 2009).

El pH es otro de los parámetros fisicoquímicos evaluados y que aporta valiosa información relacionados con los procesos ecológicos que influyen en desarrollo larvario, aguas con pH hacia el lado alcalino tienden a presentar oscilaciones violentas, como es el caso del humedal de Postgrado, es decir que el ambiente es muy inestable. Mientras que, aquellas que presentan una alcalinidad media o fuerte, como es el caso en la laguna de FACES mantienen su pH regulado entre 7 y 8, estos valores brindan las condiciones necesarias para la existencia de plantas acuáticas y bacterias, siendo éstas parte de la dieta de las larvas (Almirón & Brewer 1996, Rubio *et al.* 2005, Berti *et al.* 2008, Figueroa *et al.* 2009, Bueno 2010).

En general, los suelos que se inundan presentan valores de pH que tienden a la neutralidad, el incremento y/o oscilaciones del pH están relacionados con la profundidad del agua debido en caso de existir al sulfato de sodio, sin embargo también puede variar por la interacción con otros elementos y la temperatura, lo anteriormente expuesto podría explicar las variaciones del pH en cada humedal (Gordon 2001).

La turbidez se refiere al grado de transparencia del agua producto de la presencia de partículas en suspensión, la Laguna de FACES presenta en sequía y lluvia valores más bajos en comparación con el Humedal de Postgrado (Tablas I y II) altas concentraciones de turbidez bloquean la luz solar, por lo que las plantas acuáticas no obtienen la luz solar que necesitan para la fotosíntesis, produciendo menos oxígeno y en consecuencia las plantas se descomponen. Si las partículas suspendidas en el agua no la transforman en un ambiente anóxico, brinda la protección y alimento que necesitan las larvas para desarrollarse (Olsen 1990, Berti *et al.* 2008, Bueno 2010).

La adaptación al medio acuático en las larvas y pupas de los culícidos, los ha llevado a explotar una enorme cantidad de cuerpos de agua, pese a esto, respiran oxígeno atmosférico, su dependencia a este elemento limita su presencia a aquellos ambientes donde la superficie no se encuentre sometida a intensas perturbaciones físicas, por lo que la profundidad no resulta ser muy relevante, sin embargo, se ha reportado que los sitios con poca profundidad son mayormente explotados por los mosquitos (Rubio *et al.* 2005, Berti *et al.* 2008, Bueno 2010).

### 9.1.2. Descripción vegetal de los humedales.

La identificación, descripción y actualización de las especies que crecen en los humedales venezolanos es escasa, fundamentalmente porque la identificación se dificulta por la gran plasticidad fenotípica que se da producto de la variación de las condiciones ambientales físicas, químicas y biológicas, adicionalmente las estructuras reproductivas frecuentemente están ausentes. Sin olvidar, que la bibliografía de plantas acuáticas es reducida e incompleta según Velásquez (1994).

En los criaderos de mosquitos, las plantas acuáticas pueden interferir negativamente, cuando cubren totalmente la superficie lo que limita la respiración de las fases acuáticas y positivamente cuando ofrecen sombra, protección e incluso alimento (Consoli & Oliveira 1998).

Rubio *et al.* 2005, señalan que las lagunas constituyen un hábitat adecuado para el establecimiento de los mosquitos en su fase acuática puesto que, mantienen diversas vegetaciones acuáticas, que incluyen las plantas reportadas en este trabajo. Estas plantas, producen abundante perifiton que sirven de alimento para las larvas, por otro lado la abundancia de la vegetación provee refugios que generan protección a las larvas de la depredación.

Los cambios en la distribución y composición de la cobertura de las plantas en las distintas cuadratas pueden deberse a la micro-topografía que crea un mosaico de micro-sitios con sustratos que difieren en estructura, hidrología y química, los cuales pueden ser explotados por distintas plantas lo que produce diferencias en la distribución de las plantas (Gordon 2001).

Representantes del género *Eleocharis* dominaron en ambos humedales, en la laguna de FACES se encontró junto con otras especies, sin embargo en las distintas cuadratas fue la que ocupó mayor espacio, tanto en sequía como durante el periodo de lluvias. Por otro lado, la laguna de Postgrado fue totalmente abarcada por un representante de este grupo. Gordon & Velásquez (1989) señalan que este género crece y se desarrolla en numerosos cuerpos de agua, los cuales pueden ser temporales o permanentes, junto con otras especies de Cyperaceae además de otras especies, sin embargo son las dominantes en estos ecosistemas.

La dominancia de estas plantas en los cuerpos de agua se debe a su adaptabilidad a condiciones de inundación y sequía, llegando a ser inclusive mono-específicas como en el caso del humedal de Postgrado. Así mismo, comentan que su papel en estos ecosistemas está relacionado con dar soporte mediante su estructura vegetativa y diferenciación espacial, a organismos colonizadores a los cuales les proporciona sustrato (Gordon & Velázquez 1989).

### **9.1.3. Descripción de la composición taxonómica de la comunidad de culícidos asociados a los humedales: Evaluación temporal y espacial de los atributos biológicos univariados y multivariados.**

El estudio de las fases inmaduras de los *Culicidae* en sitios específicos, permiten un estudio más preciso de su composición, en este caso particular el de cada humedal, puesto que son indicadores precisos de cada ambiente, los adultos en cambio, por su vuelo pueden dispersarse por grandes distancias, lo que impide determinar su lugar de origen (Martínez *et al.* 2003).

Las larvas y pupas son etapas de transición entre los modos de vida acuática y terrestre, la metamorfosis completa que presentan los mosquitos es una característica considerada como el más alto grado de adaptación (Merritt *et al.* 1996). Sin embargo, entre una fase y otra la transformación es más profunda, por lo que se da una relación entre las fases de desarrollo y la adaptabilidad al ambiente. Las larvas L<sub>I</sub> son las que presentan menor abundancia en los humedales y periodos de colecta esto podría estar asociado a que las larvas no han alcanzado el desarrollo necesario para soportar las perturbaciones físicas y biológicas de los cuerpos de agua explotados por los culícidos, el propósito de mostrar este resultado es demostrar que la colecta de fases larvales inferiores al cuarto periodo (L<sub>IV</sub>) resultan ser poco prosperas durante la cría (Machado 1981).

Las larvas L<sub>IV</sub> presentan total desarrollo de la morfología y quetotaxia Clark & Darsie (1983) por tal motivo pudieron ser identificadas el total de las larvas colectadas en esta etapa, aún cuando no todos los especímenes llegaron al término de la metamorfosis, para asegurar la identificación con el adulto.

Solo las pupas que completaron su ciclo de vida pudieron ser identificadas, la literatura para la identificación de pupas es escasa, Horsfall (1955) señala que el poco interés de esta fase del ciclo de vida se debe a que ellas comparten el mismo medio acuático con las larvas, por lo que se encuentran sometidas a los mismos tipos de presión ambiental. Sin embargo, la mortalidad de las pupas fue mayor; en tal sentido de 144 pupas colectadas solo 44 llegaron al término de su ciclo.

Las grandes diferencias morfológicas que se pueden observar entre las larvas y las pupas hacen evidente la existencia de distintas respuestas frente a las perturbaciones, por lo que suponer que las pupas se comportan igual a las larvas no sería apropiado. En efecto, existen adaptaciones larvales que presentan una expresión análoga en las pupas, como por ejemplo modificaciones en el sifón respiratorio.

La alta mortalidad de las pupas es posible que sea por la falta de oxígeno mientras se realizaba el traslado al laboratorio, el mayor grosor de la cutícula les impide utilizar el oxígeno disuelto, en consecuencia las pupas van utilizando gradualmente su reserva de oxígeno perdiendo flotabilidad al aumentar de peso, adicionalmente, la pupa no se alimenta por lo que solo conserva las reservas de energía de su última fase larval, en tal sentido, cualquier actividad que determine consumo de energía como por ejemplo inmersión, flotabilidad etcétera continua tienen un efecto detrimental (Machado 1981)

La abundancia de las diferentes fases larvales en el humedal de FACES es mayor durante el período de sequía, Bates (1949) señala que el desarrollo larval es favorecido en épocas donde el ambiente sea más estable. La literatura anterior a 1970 suele relacionar los cambios numéricos con el periodo favorable entendiéndose este como la época de lluvias en el trópico y verano en elevadas latitudes (Machado 1981). En la Laguna de FACES el comportamiento fue opuesto observándose mayor abundancia en sequía, este resultado coincide con lo reportado por Bueno *et al.* (2010) y Bates (1949).

Señalar los cambios numéricos dependientes exclusivamente de la prevalencia estacional, podría llevar a buscar una tabla con los valores de temperatura y precipitación para pronosticar la densidad y composición larval, esto es un punto de vista muy simplista, porque como se observó en este estudio, en la Laguna de FACES, no fue el caso. De acuerdo con Machado (1981) tras el rápido crecimiento inicial, la precipitación prolongada con frecuencia determina una reducción en la población de

*Anopheles* y *Culex* por lo que se deben considerar otras variables como cambios en la vegetación, variables fisicoquímicas, depredación, competencia o parasitismo, para tener una aproximación más real de las variables que determinan la presencia y abundancia de las fases inmaduras.

En la laguna de FACES *Culex* y *Cx. (Mel.)* han sido encontradas en menor o mayor grado durante las colectas, por lo que no se observa una diferencia marcada asociada a el régimen de lluvias. Barrera *et al.* (2001) y Alfonzo *et al.* (2005) señalan que el componente temporal, dentro de áreas abiertas como este humedal es probablemente menos importante, así mismo, las variaciones locales de plantas acuáticas y variables fisicoquímicas tampoco varían significativamente, en humedales permanentes. En tal sentido, podrían ser los factores ecológicos los que impulsen las diferencias en la composición de la comunidad de mosquito. Los resultados de estos autores, coinciden con las especies de *Culex* reportadas en el presente estudio, además los hábitats acuáticos, estudiados fueron estables y principalmente permanentes, con vegetación acuática presente. No obstante, *Culex* obtuvo los valores de menor abundancia y distribución respecto a otros géneros como *Mansonia*, *Aedes* y *Psorophora*.

Lopes *et al.* (2002) estudiaron un Lago en Brasil durante un año, siendo *Anopheles* el que presentó la mayor abundancia, el objetivo de su estudio fue determinar si un lago artificial puede ofrecer las condiciones necesarias para el desarrollo de culícidos luego de identificarlos y determinar su importancia médica, reportan a *Anopheles*, *Culex*, *Aedeomyia*, *Aedes* y *Uranotaenia*, siendo *Anopheles* el que presentó la mayor diversidad, lo más resaltante de esta investigación es que las poblaciones de *Culex* y *Cx. (Mel.)* fueron constantes durante su periodo de estudio, esto coincide con lo observado para la laguna de FACES, adicionalmente concluyeron que los lagos artificiales brindan las condiciones necesarias para el desarrollo larval de estas especies, por tal motivo destacan la importancia de mantener este sitio bajo vigilancia por su cercanía con áreas urbanas. En consonancia con lo anterior, la Laguna de FACES también se encuentra en un área periurbana, por lo que se debe estar alerta, estas especies son vectores de enfermedades y muestran una favorable adaptación a los cambios que enfrenta el humedal en el tiempo. Las características básicas de los mosquitos colectados se detallan más adelante.



Por otra parte, el Humedal de Postgrado parece cumplir con las características de un humedal temporal, de acuerdo con lo propuesto por Gordon *et al.* (2001) puesto que durante la época de sequía no retuvo agua, solo parte del área que abarca el humedal presentó pantano y charcos dispersos de agua, a los cuales no se pudo tener acceso. Por otro lado, la vegetación estuvo presente durante todo el periodo de colecta, no obstante, fue otro obstáculo para acceder a algunas zonas del humedal. La clasificación propuesta coincide con Forattinni (1962) quien distingue los hábitats de acuerdo con el periodo de permanencia que tenga el agua en los humedales, si la presencia o ausencia del agua coincide con la estacionalidad, entonces es un humedal temporal.

En el humedal de Postgrado se reportan cinco géneros: *Aedeomyia*, *Aedes*, *Psorophora*, *Culex* y *Uranotaenia*. Las especies de *Aedes* presentes en este estudio presentaron la mayor abundancia, destacando *Aedes (Och). scapularis*. A la inversa de lo que ocurre con las especies de mosquitos descritas para la Laguna de FACES, pero en consonancia con este humedal, Alfonzo *et al.* (2005) reportaron especies de mosquitos pertenecientes a los géneros *Aedes* y *Psorophora* en hábitats acuáticos temporales, partiendo de que se sabe que estos géneros producen huevos resistentes a la desecación, su predominancia durante el periodo de lluvias es probable que respondan con el régimen pluvial, esto a su vez coincide con lo señalado por Consoli & Oliviera (1998) quienes dicen que la abundancia de esta especie esta directa y positivamente relacionada con la lluvias, su densidad aumenta bruscamente, tornándose una plaga y causando perturbación en animales y el hombre.

Los hábitats temporales descritos por Alfonzo *et al.* (2005) se encuentran dentro del bosque mientras que el humedal de Postgrado se encuentra ubicado en un área abierta, las implicaciones de ello son muy importantes, puesto que representantes de estos géneros son vectores potenciales de enfermedades en vertebrados. Mosquitos vectores en áreas abiertas podrían potencialmente propagar los virus lejos de los focos, en poco tiempo. Aunado a esto, se corrobora la gran adaptabilidad y expansión que pueden llegar a tener los culícidos.

Stein *et al.* (2011) emplean la clasificación propuesta por Forattinni (1962) y asocian a las especies de *Aedes* y *Psorophora* con humedales temporales, puesto que la mayoría de las especies representantes de estos géneros requieren de un periodo de diapausa antes de emerger. Reportan además, *Aedeomyia squamipennis*, *Culex* y

*Uranotaenia*. Estos resultados, coinciden con los reportados para este humedal, podría decirse entonces que, la mayor riqueza durante el periodo de lluvias en el humedal de Postgrado pueda deberse, a los grandes cambios producto del régimen hídrico natural reportado para esta zona. El agua probablemente junto con la vegetación y las variables ambientales proporcionan las condiciones adecuadas para la proliferación de grandes poblaciones larvarias de mosquitos, como es el caso para este humedal (Jordá *et al.* 1993).

Estudios realizados en Colombia por Parra & Suárez (2012) coinciden con los hallazgos de esta investigación, sin embargo *Ps. ferox* es quien predomina durante lluvias, su estudio buscó determinar parámetros ecológicos de especies que puedan actuar como potenciales vectores, es fundamental mantenerse alerta porque en ambos humedales se reportan mosquitos de importancia médica y veterinaria.

Respecto al análisis de la diversidad, en la Laguna de FACES las diferencias entre temporada no son significativas, esto podría estar asociado a la plasticidad de las especies comunes reportadas en este humedal que mantienen la diversidad en el humedal, frente a las más oportunistas en el caso de *Uranotaenia* Consoli & Oliveira (1998) o en el caso de *Anopheles* que requieren de condiciones más específicas, el desenvolvimiento larval característico de esta especie está constituido por colecciones de agua limpia, poco profundas, expuesta al sol y con apreciable abundancia de algas o plantas sumergidas (Forattini 1962).

En lluvias, el humedal de Postgrado presentó la mayor diversidad y riqueza, hecho que puede relacionarse con la estacionalidad, que propicio la aparición de un ambiente heterogéneo, el cual permitió la existencia de una pluralidad de especies en este cuerpo de agua (Bueno 2010). Las variaciones en la composición de especies de culícidos explican el bajo valor de Similitud entre estos humedales, por otro lado, este resultado podría estar asociado, de igual manera, a las diferencias que existen entre los humedales, la Laguna de FACES es un humedal con constante agua, vegetación y cuidados que no presenta el humedal de Postgrado.

Información dispersa indica que la mayor parte de los culícidos explotan recipientes y colecciones transitorias de agua, las aguas superficiales y permanentes no presentan un gran número de especies locales, la mayoría suele ocupar otros ambientes también, esta situación se observa en los humedales estudiados.

A continuación se presenta un resumen de las características de las especies que constituyen la composición general de mosquitos de los humedales estudiados:

- *Anopheles (Ano.) pseudopunctipennis* Theobald 1901.

Su desenvolvimiento larval se da en aguas limpias, poco profundas expuestas al sol, con vegetación sumergida, se encuentra con frecuencia en los márgenes de aguas con poca corriente. Los adultos se reconocen porque presentan palpos negros con el segmento V de coloración bronce-amarilla, además sus alas presentan cierto patrón característico, su tórax es oscuro con una franja blanca en el centro, visto dorsalmente, parecen mostrar preferencia antropofílica, existen controversias sobre su papel como vector de Malaria (Forattini, 1962).

- *Aedomyia squamipennis* Lynch-Arribalzaga 1878.

Las formas inmaduras se encuentran frecuentemente en colecciones de agua que pueden variar en tamaño de grandes a pequeñas, generalmente profundas y con vegetación sumergida y/o flotante, estas larvas pueden pasar periodos de tiempo más prolongados sin subir a la superficie a tomar oxígeno que la mayoría de los culícidos. El adulto de esta especie, es un mosquito pequeño, con setas de aspecto engrosado y abundante, de color blanco, negras, parduzcas, con ciertas áreas amarillas. Un carácter diagnóstico es que los segmentos flagelares de las antenas son cortos, semejantes a pequeñas esferas, adicionalmente las patas medias y posteriores presentan un mechón de escamas en el ápice (Consoli & Oliveira 1998, Baddi 2006).

En general, los adultos son zoofílicos (ornitofilia) y han sido vinculados como vectores de plasmodios en aves, no han sido ligados como vectores de enfermedades que afecten a mamíferos y/o humanos (Consoli & Oliveira 1998).

- *Aedes (Och.) scapularis* Rondani 1848.

Los estadios inmaduros de esta especie se desenvuelven en criaderos de carácter transitorio, no han sido reportados en recipientes. Dentro de las preferencias de las colecciones de agua natural, están la poca profundidad y vegetación emergente que aporte sombra, de preferencia gramínea. Uno de los caracteres diagnósticos en el adulto es una mancha formada por escamas claras, de contornos regulares en la parte dorsal del tórax, se encuentra principalmente en ambientes extra domiciliarios como plantaciones y otros ambientes que pudieran estar alterados por el hombre. Ha sido vinculado como vector de Fiebre Amarilla y Dengue (Consoli & Oliveira 1998).

- *Aedes (Pcx.) serratus* Theobald 1901.

La biología de esta especie es muy parecida a la de *Oc. scapularis*, los criaderos de las larvas son siempre colecciones de agua de carácter transitorio, con presencia de vegetación y aguas con poca profundidad. El carácter diagnóstico para esta especie es la franja longitudinal que atraviesa todo el tórax dorsalmente. Esta especie no tiene relevancia médica porque ha sido poco relacionado con la transmisión de patógenos en humanos, sin embargo en algunas regiones de Brasil ha sido asociado en la transmisión de algunas arbovirosis (Consoli & Oliveira 1998).

- *Psorophora (Jan.) ferox* Von Humboldt 1819.

Las larvas se encuentran en depresiones entre rocas, huecos de arboles, charcos formados en plantaciones, entre otros, su preferencia son aguas transitorias, generalmente ricas en vegetación emergente y sombra. El adulto se caracteriza por presentar escamas violáceas con reflejos metálicos en el tórax y abdomen. Las hembras son zoofílicas. *Ps. ferox* ha sido reportada como infectada con arbovirus causantes de la Encefalitis Equina Venezolana (Consoli & Oliveira 1998).

- *Culex (Mel.) intricatus* Brethes 1916.

Las fases inmaduras se encuentran comúnmente a lo largo de márgenes de lagunas, acumulación densa de hojas caídas, cubiertas en las superficie por agua. Los adultos son zoofílicos y exofílicos, presentan gran adaptabilidad en ambientes perturbados, su determinación taxonómica requiere de un análisis detallada de los genitales masculinos y en las hembras requieren del análisis de la armadura cibarial, su importancia médica está relacionada con la transmisión de diversas encefalitis (Takahashi 1968).

- *Culex (Cux.)* Linnaeus 1758.

Las larvas de este subgénero presentan gran plasticidad, se pueden encontrar en contenedores artificiales, en aguas naturales rica en vegetación, materia orgánica, descomposición, detritos generalmente sombreados. Su distribución es Cosmopolitan siendo conocidos como mosquito doméstico tropical, sus rasgos característicos son coloración marrón sin brillo metálico, con escamas oscuras en su totalidad. Presentan importancia médica porque transmiten arbovirosis y filariasis, entre otros patógenos (Consoli & Oliveira 1998).

- *Uranotaenia* Belkin 1953.

Sus formas inmaduras son pequeñas en relación a géneros como *Culex* y *Ochleratus*, pueden ser confundidas con *Anopheles* porque permanecen paralelas a la columna de agua para su respiración, habitan en colecciones de agua ricas en vegetación, sombreadas y permanentes como charcos, lagos, canales, márgenes de ríos. Las hembras son altamente atraídas por animales de sangre fría, principalmente anfibios. Su gran atracción por la luz, parece ser la causa de su ocurrencia en ambiente peri domiciliare, no tienen relevancia médica (Consoli & Oliveira 1998).

La evaluación de las relaciones que pudieran existir entre las variables fisicoquímicas, las especies de plantas con la presencia o no de ciertas especies de

mosquitos asociados con los humedales evaluados, determinar si estas variables ambientales influyen directa o indirectamente en el hábitat de los culícidos, cuando se consideran en su totalidad, no pudieron ser establecidas. Sin embargo, con base a las diferencias encontradas temporal y espacialmente en los humedales, se detallan a continuación relaciones establecidas entre las variables ambientales y los mosquitos en estudios comparables con el presente. Como premisa se tiene que la distribución y la abundancia de mosquitos son influenciados por diversas variables que operan temporal y espacialmente (Alfonzo *et al.* 2005).

Nuestro análisis de ANOSIM reveló una diferenciación temporal en la Laguna de FACES, estas diferencias pueden estar asociadas con las variables ambientales consideradas puesto que temporal y espacialmente existen diferencias entre ellas, sin embargo, la bondad de ajuste de análisis de escalamiento multidimensional no métrico es muy pobre. En tal sentido, no se pueden definir con claridad cuáles son las variables que determinan o contribuyen con la presencia o no, de las especies de mosquitos identificadas.

Rubio *et al.* (2005) realiza una caracterización de criaderos de anofelinos, determinando con base en variables fisicoquímicas y factores bióticos que las lagunas son ambientes favorables para el desarrollo de este grupo de mosquitos, su análisis de correspondencia canónica evidenció una fuerte relación entre los anofelinos y las variables ambientales destacando el pH, Temperatura y profundidad. La vegetación acuática presente en las lagunas de su estudio coincidió con *Ludwigia* reportado para el humedal de FACES.

El análisis de componentes principales, de un estudio realizado en la Provincia de Chaco, Argentina, indica que la presencia de vegetación acuática específica podría explicar porque se encuentran diferentes mosquitos en distintos ecosistemas. En contraste, la temperatura, pH del agua son las variables que de acuerdo con su análisis son las que menos aportan información acerca de relaciones entre la culicidofauna y las variables ambientales (Stein *et al.* 2011). El ACP es el equivalente no métrico del análisis que se utilizó en las comparaciones realizadas en este estudio. En tal sentido, realizamos comparaciones, en nuestro estudio, cuando se integran las variables fisicoquímicas con la vegetación asociada a los humedales, no se observa similitud entre las variables y la culidofauna. Stein *et al.* (2011) señala que esto puede deberse a las

pocas restricciones ecológicas que requieren estos mosquitos, pudiéndose adaptar a diferentes tipos de ambientes.

Stein *et al.* (2011) y Almiron & Brewer (1996) realizaron análisis de agrupamiento con base a características fisicoquímicas del agua, porcentaje de vegetación acuática discriminada como flotante, emergente y sumergida y otras de carácter nominal, sus variables son más simples, es decir, menos específicas quizás ese sea el punto de quiebre para lograr una mayor proximidad en los datos con la presencia de los mosquitos de manera general.

Es preciso resaltar que el estudio del hábitat de las larvas y sus características fisicoquímicas contribuye con la información sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de mosquitos (Forattini 1962) por lo que, las consideraciones previas no pretenden señalar que el análisis del efecto de las variables ambientales carecen de sentido, todo lo contrario, este análisis es de crucial interés, en particular en la epidemiología de enfermedades virales, donde el número de adultos está estrechamente relacionado con los brotes (Machado 1981).

Alarcón (2013) determina que las larvas de los géneros *Aedes* y *Psorophora*, están asociadas mayormente con aguas temporales, sustratos inundables que normalmente son producto de las lluvias, como en el caso del humedal de Postgrado, por lo que sus criaderos son efímeros y no suelen presentar correlación alguna con las plantas, puesto que, se desarrollan en ambientes acuáticos medianamente permanentes.

El comportamiento es totalmente apuesto en colecciones de agua permanente, donde la combinación plantas acuáticas y culícidos forman lo que él denomina como “binomio peligroso” puesto que las plantas por sí mismas, pueden ofrecerle a las fases inmaduras de los culícidos: alimento, protección y refugio frente a depredadores, además pueden mantener en margen las variaciones en el hábitat producto de cambios en las variables físico químicas.

Alarcón (2013) en su estudio realizado en España, determinó que los hábitats de las especies del género *Anopheles* se encuentran generalmente asociadas con *E. crassipes*, *M. aquaticum* y *E. densa*, ligadas al desarrollo de *Culex* se encuentran *P. stratiotes* y *Ludwigia*. Cabe resaltar que las plantas acuáticas condicionan en gran medida las propiedades fisicoquímicas del agua y como consecuencia la estructura de las comunidades bióticas que habitan con ellas, como el zooplancton y fauna piscícola,

no obstante son pocos los trabajos con enfoque ecológicamente coherente acerca del papel de la vegetación en los diferentes ambientes.



## 10. CONCLUSIONES.

- El número total de estadios inmaduros colectados durante el estudio fue de 1360 larvas, la Laguna de FACES presentó la mayor abundancia, fueron colectados 934 ejemplares (763 en sequía y 171 en lluvias). Mientras que el Humedal de postgrado presentó la menor abundancia, se colectaron 426 ejemplares asociados con la temporada de lluvia.
- La riqueza de especies fue mayor en el humedal de postgrado, obteniendo 5 géneros que incluyen cuatro especies, mientras que en Laguna de FACES solo se obtuvo dos géneros con tres especies asociadas, la diferencia entre estos humedales es producto de la estacionalidad, la cual brinda las condiciones idóneas para que los géneros encontrados en el humedal de postgrado exploten los recursos y con ello la proliferación de sus fases larvarias.
- La riqueza de especies estuvo representada en la Laguna de FACES por: *Anopheles (Ano.) pseudopunctipennis*, *Culex (Cux.)* y *Culex (Mel.) intricatus*, y en el humedal de Postgrado por: *Aedomyia squamipennis*, *Aedes (Och.) scapularis*, *Aedes (Och.) angustivittatus*, *Aedes (Pcx.) serratus*, *Psorophora (Jan.) ferox*, y *Uranotaenia*, siendo *Culex (Mel.) intricatus* la especie dominante en la Laguna de FACES y *Aedes (Och.) scapularis* en el humedal de Postgrado.
- La composición de la comunidad de mosquitos asociada con los humedales no es ser similar entre sí, puesto que cada humedal presente características definidas frente a la que los mosquitos parecen mostrar preferencia por uno o el otro.
- Las variables fisicoquímicas presentaron diferencias entre los humedales, durante las colectas de lluvia. Estas diferencias, se deben a los tipos de humedales evaluados (Humedal de FACES=permanente y Humedal de Postgrado = temporal).

- Las plantas acuáticas asociadas a los criaderos de mosquitos en los humedales fueron identificadas como *Eleocharis* sp1, *Nymphoides indica*, *Hydrocotyle umbellata*, *Bacopa* y *Ludwigia*, *Eleocharis* sp2. Esta última, fue el único representante vegetal del humedal de Postgrado.
- Los análisis multivariados determinaron que existe una separación en el humedal de FACES de acuerdo con el régimen de lluvias, así como, entre humedales. Sin embargo, la falta de similitud entre las variables ambientales consideradas y la comunidad de mosquitos no permitieron conocer si estas variables influyeron o no con la presencia de mosquitos encontrados en los humedales.

## **11. RECOMENDACIONES.**

- Para conocer la dinámica de la comunidad de mosquitos presentes en los humedales seleccionados, se recomienda la realización de un estudio por todo un año, que incluya los dos periodos de precipitación y de esta manera precisar las variaciones temporales en la estructura y composición de la comunidad de los mosquitos.
  
- En relación a la captura e identificación de los mosquitos se recomienda mantener un control en la humedad para la mejor conservación de los adultos.
  
- Los mosquitos identificados en esta investigación están implicados en la transmisión de diferentes enfermedades de importancia médica y veterinaria. Por tal motivo, se recomienda mantener en vigilancia continua estos humedales.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alarcón, P. (2013). Plantas invasoras acuáticas y culícidos: un binomio peligrosa. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 107: 1-11.

Alfonzo, D., Grillet, M., Liria, J., Navarro, J., Weaver, S. & R. Barrera. (2005). Ecological Characterization of the Aquatic Habitats of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Enzoitic Foci of Venezuelan Equine Encephalitis Virus in Western Venezuela. *Journal of Medical Entomology* 42 (3): 278–284.

Almirón, W. & M. Brewer. (1996). Classification of immature stage hábitats of Culicidae (Diptera) collected in Córdoba, Argentina. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 91 (1): 1-9.

Baddi, M., Garza, V., Landeros, J. & H. Quiroz. (2006). Diversidad y relevancia de los mosquitos. *Revista Cultura Científica y Tecnológica* 3 (13): 4-16.

Barrera, R., Torres, N., Freier, E., Navarro, J. & C. García. (2001). Characterization of enzootic foci of Venezuelan equine encephalitis virus in western Venezuela. *Vector Borne Zoonotic* 1: 219-230.

Belkin, J., Heinemann, S. & W. Page. (1970). The Culicidae of Jamaica (Mosquito studies. XXI). *American Entomology Institute* 6 (1): 1-458.

Berti, J., González, J. & E. Navarro. (2008). Fluctuaciones estacionales y temporales de la densidad larvaria de *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) y familias de insectos asociados al hábitat en El Granzón, Parroquia San Isidro, municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* XLVIII (2): 177-190.

Bram, R. (1967). Classification of *Culex* Subgenus *Culex* in the new world (Diptera: Culicidae). *Smithsonian Institution* 127 (3557): 3-122.

Bueno, R. (2010). *Bioecología, diversidad e interés epidemiológico de los culícidos mediterráneos (Diptera: Culicidae)*. Universidad de Valencia. Valencia, España. 390p.

Bueno, R., Corella, E. & R. Jiménez. (2010). Culícidofauna (Diptera: Culicidae) presente en los distintos enclaves hídricos de la ciudad de Valencia (España). *Revista Colombiana de Entomología* 36 (2): 235-241.

Calderón, O., Troyo, A. & M. Solano. (2004). Diversidad larval de mosquitos (Diptera: Culicidae) en contenedores artificiales procedentes de una comunidad urbana de San José, Costa Rica. *Parasitología Latinoamericana* 59: 132-136.

Chaverri, L. (2010a). *Clave fotográfica para larvas de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá*. Disponible en Línea: [http://www.inbio.ac.cr/papers/culicidae\\_larvas](http://www.inbio.ac.cr/papers/culicidae_larvas). Fecha de consulta: Agosto, 2013.

Chaverri, L. (2010b). *Clave fotográfica para hembras de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá*. Disponible en Línea: [http://www.inbio.ac.cr/papers/culicidae\\_hembra/Clave.pdf](http://www.inbio.ac.cr/papers/culicidae_hembra/Clave.pdf). Fecha de consulta: Agosto, 2013.

Clima en Valencia 2002-2012. (2013). *Datos meteorológicos de la estación: 804720 (SVVA)*. Disponible en línea: <http://www.tutiempo.net/>. Fecha de consulta: Enero, 2013.

Consoli, R. & R. Oliveira. (1998). *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora Fiocruz. Rio de Janeiro, Brasil. 228p.

Coto, D. (1998). *Estados inmaduros de insectos de las órdenes Ocoleoptera, Diptera y Lepidoptera: manual de reconocimiento*. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 153p.

De la Cruz, V., Veda, D. & A. Valdés. (2012). Aspectos ecológicos de la incidencia larval de mosquitos (Diptera: Culicidae) en Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología* 38 (1): 128-133.

Delgado, M., Machado, M., García, F. & J. Ochoa. (2011). Murciélagos (Chiroptera: Mammalia) del Parque Nacional Yurubí, Venezuela: listado taxonómico y estudio comunitario. *Revista Biológica Tropical* 59 (4): 1757-1776.

Díaz, E., Briceño, A., Rodríguez, R. & R. Pérez. (2010). Conceptualización del Parque universitario en el contexto del desarrollo sustentable. *Revista de Investigación* 71 (34): 121-140.

Encinas, A. (1982). *Taxonomía y biología de los mosquitos del área de Salmantina (Diptera: Culicidae)*. Ediciones de la Universidad de Salamanca. Salamanca, España. 437p.

Figueroa, R., Suarez, M., Andreu, A., Ruiz, V. & M. Vidal. (2009). Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana* 73 (1): 76-94.

Foote, R. (1952). The Larval Morphology and Chaetotaxy of the *Culex* Subgenus *Melanoconion* (Diptera: Culicidae). *Annals Entomology Society of America* 45 (3): 445-472.

Foratinni, O. (1962). *Entomología Médica I*. Smithsonian Institution Libraries. Sao Paulo, Brasil. 622p.

Galindo, P., Blanton, F. & E. Peyton. (1954). A revision of the *Uranotaenia* of Panamá with notes on other American species of the genus. *Annals of the Entomological Society of America* 47 (1): 107-177.

Gordon, E. & J. Velázquez. (1989). Variaciones estacionales de la biomasa de *Eleocharis interstincta* (Vahl) R. & S. (Cyperaceae) en la Laguna El Burro (Guárico-Venezuela). *Revista Hidrobiología Tropical* 22 (3): 201-212.

Gordon, E., Peña, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. & L. Delgado. (2001). Caracterización de la vegetación de un humedal herbáceo oligohalino (Sabanas de Venturini, Sucre, Venezuela). *Acta Biológica Venezolana* 21 (3): 41-49.

Harbach, R. & I. Kitchin. (1998). Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera). *Systematic Entomology* 23: 327-370.

Hammer, O., Harper, D. & P. Ryan. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4 (1): 9.

Horsfall, W. (1995). *Mosquitoes. Their bionomics and relation to disease*. Ronald Ross. 723 p.

I.N.E. Instituto Nacional de Estadística (2011). *Densidad poblacional según municipio, 2011*. Disponible en línea en: <http://www.ine.gov.ve/> . Fecha de Consulta: Enero, 2013.

Jordá, J., López, S. Ramírez, R. & C. Montes. (1993). Culícidos (Diptera, Culicidae) del parque nacional de Doñana (SW de España). Aspectos faunísticos y ecológicos. *Anales de biología* 19 (8): 93-104.

Linares, G. (2001). Escalamiento multidimensional: Conceptos y enfoques. *Revista Investigación Operacional* 22 (2): 173-183.

López, J., Zequi, J., Nunes, V., Oliveira, O., Neto, V. & W. Rodrigues. (2002). Immature Culicidae (Diptera) collected from de Igapó lake located in the urban area of Londrina, Paraná, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45 (4): 465-471.

Ludueña, F., Almirón, W., Zapata, A. & D. Gorla. (2004). Culicidae (Diptera) del arco sur de la Laguna de Mar Chiquita (Córdoba, Argentina) y su importancia sanitaria. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 63 (3-4): 25-28.

Machado, C. (1981). Ecología de los mosquitos (Culicidae) II. Larvas y pupas. *Acta Biológica Venezuelica* 11 (1): 51-129.

Machado, C., Barrera, R., Delgado, R., Gómez, C. & J. Navarro. (1986). Mosquitos (Diptera: Culicidae) de los fitotelmata de Panaquire, Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica* 12 (2): 1-12.

Manrique, P., Delfín, H., Parra, V. & S. Ibáñez. (1998). Desarrollo, mortalidad y supervivencia de las etapas inmaduras de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en neumáticos. *Revista Biomédica* 9: 84-91.

Marquetti, M. (2008). *Aspectos bioecológicos de importancia para el control de Aedes aegypti y otros*. Editorial Universitaria. Ciudad de la Habana, Cuba. 180p.

Marquetti, M., González, D., Aguilera, L. & A. Navarro. (1999). Abundancia proporcional de culícidos en el ecosistema urbano de Ciudad de La Habana. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 51 (3): 181-184.

Martinez, E., Conesa, E., Martínez, P. & J. Lucientes. (2003). *Sistemas de control biológico de las poblaciones de mosquitos en zonas húmedas*. Editorial Novograf. Murcia 53p.

Medina, S. (1977). *Manual de Procedimientos para Colectar, Preservar y Montar Insectos y otros Artrópodos*. Editorial Universidad de Puerto Rico. Río Piedras. 24p.

Méndez, J., Fimia, R., González, O. & R. Moreno. (2012). Clave pictórica para identificar géneros de mosquitos cubanos en su etapa larval. *Revista Electrónica de Veterinaria* 13 (5B): 1-16.

Mendoza, F., Ibáñez, S. & F. Cabrero. (2008). A standardized sampling method to estimate mosquito richness and abundance for research and public health surveillance programmes. *Bulletin of Entomological Research* 98: 323-332.

Menezes, R., Silva, E., Ferreira, N. & N. Hamada. (2003). *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) associated with two species of macrophytes in a Varzea lake, Amazonas, Brazil. *Entomotropica* 18 (1): 21-25.



Merriett, R., Dadd, R. & E. Walker. (1992). Feeding behavior, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. *Annual Review of Entomology* 37: 349-376.

Millán, C. (2009). Insectos acuáticos del humedal Timbique en el corregimiento del Bolo-Palmira (Valle del Cauca, Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10 (1): 30-36.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales & Tesis SEA*. Editorial. Cyted, Orcyt-Unesco & Sea. 86 pp.

Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E. & N. Pavón. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249-1261.

Mureb, M. & O. Forattini. (1996). Revision of de Spissipes Sección of *Culex* (*Melanoconion*) (Diptera:Culicidae). *Journal of de American Mosquito Control Association* 12 (3): 517-600.

Muñoz, L., Bernal, S. & M. Vargas. (2006). Los Mosquitos (Diptera:Culicidae) de Tlaxcala, México. I: Lista Comentada de Especies. *Folia Entomológica Mexicana* 45 (3): 223-271.

Muñoz, V., Aguirre, X., Soto, R. & A. Guerra. (1990). Método para Montaje Permanente de Huevos de *Helmintos* Enteroparásitos. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 32 (2): 101-104.

Navarro, J., Del Ventura, F., Zorrilla, A. & J. Liria. (2010). Registros de mayor altitud para mosquitos (Diptera:Culicidae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 58 (1): 245-254.

Olsen, E. (1990). *Métodos ópticos de análisis*. Editorial Reverté. Barcelona. 507p.

Parra, C. (2010). *Composición de la Comunidad de Mosquitos (Diptera: Culicidae) Asociados a Dos Modelos de Ovitrampas en Áreas Urbanas del Estado Carabobo*. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo, Naguanagua, Venezuela. 79p.

Parra, G. & L. Suárez. (2012). Mosquitos (Diptera: Culicidae) vectores potenciales de arbovirus en la Región de Urabá, noroccidente de Colombia. *Biomedica* 32 (2): 1-33.

Pecor, J., Mallampalli, V., Harbach, R. & Peyton, E. (1992). Catalog and Illustrated Review of the Subgenus *Melanoconion* of *Culex* (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 27 (2): 1-225.

Rossi, G., Lestani, E. & J. D'Oria. (2006). Nuevos registros y distribución de los mosquitos de la Argentina (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 65 (3-4): 51-56.

Reinert, J. (2009). List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). *European Mosquito Bulletin* 27: 68-76.

Rubio, Y., Menare, C., Quinto, A., Magris, M. & M. Amarista. (2005). Caracterización de criaderos de anofelinos (Diptera: Culicidae) vectores de malaria del Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. *Entomotropica* 20 (1): 29-38.

Rueda, J. & R. Hernández. (2008). Contribución al conocimiento de los culícidos del municipio de Torreblanca (Castellón, España) (Diptera: Culicidae). *Boletín Asociación Española de Entomología* 32 (3-4): 315-325.

Rueda, L. (2008). Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiología* 595: 477-487.

Stein, M., Ludueña, F., Willener, J. & W. Almirón. (2011). Classification of immature mosquito species according to characteristics of the larval habitat in the subtropical province of Chaco, Argentina. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 106 (4): 400-407.

Takahashi , M. (1968). Taxonomic and Ecological Notes on *Culex (Melanoconion) Spisspes* (Theobald). *Journal of Medical Entomology* 5 (3): 329-321.

Trama, F., Rizo, F. & M. Springer. (2009). Macroinvertebrados bentónicos del humedal de Palo Verde, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 57 (1): 275-284.

Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Talleres de Anauco Ediciones. Caracas. 992p.

Vezzani, D. (2007). Review: Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: a perfect match. *Tropical Medicine and International Health* 2 (2): 299-313.

Ward, R. (1989). *Blood-sucking Mosquitoes of the Subtribe Culisetina (Diptera: Culicidae) in World Fauna*. Smithsonian Institution Libraries. New Delhi, India. 248p.