



UNIVERSIDAD CENTRAL DE  
VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

*Patrones de distribución, análisis geo-espacial y determinación de áreas de endemismo de los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Venezuela.*

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller **Fabiola Del Ventura Villarroel** como requisito parcial para optar al título de Licenciada en Biología.

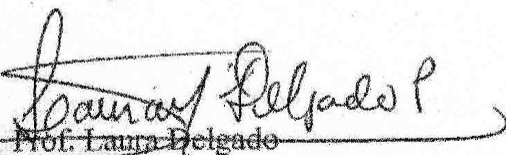
Tutores: **Dr. Juan Carlos Navarro (UCV)**  
**Msc. Jonathan Liria. (UC)**

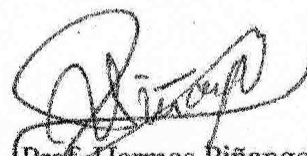
CARACAS, VENEZUELA  
DICIEMBRE, 2008





## ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de la Escuela Biología para examinar el Trabajo Especial de Grado de la Bachiller **Fabiola Del Ventura Villarroel**, C.I., V-16.033.052, titulado **“Patrones de distribución, análisis geo- espacial y determinación de áreas de endemismo de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Venezuela”** nos hemos reunido hoy, 11 de Diciembre de 2008, en la Sala J. M. Pacheco de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para atender a la defensa pública de su trabajo, después de lo cual consideramos que amerita la calificación de VEINTE (20) puntos. Certificamos así que este Trabajo Especial de Grado cumple con las normas y los requisitos exigidos por la Universidad Central de Venezuela para optar al título de Licenciado en Biología.

  
Prof. Laura Delgado  
(Jurado)

  
Prof. Hermes Piñango  
(Jurado)

  
Prof. Juan Carlos Navarro  
(Tutor)

  
Prof. Jonathan Liria  
(Tutor)

A mis padres, Franco y Eumea, LOS AMO.  
Abuelo, va la primera.

## AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por su infinito apoyo, por quererme y guiarme, LOS AMO.

Abuelo aunque no estés conmigo en este momento, agradezco infinitamente tus regaños, consejos y cariños, nunca te olvidaré, te quiero mucho.

A mis tutores Dr. Juan Carlos Navarro y Msc. Jonathan Liria, por permitirme trabajar con ustedes, por su disposición permanente e incondicional en aclarar mis dudas, por incentivar-me a pensar, por el estímulo a seguir creciendo científica, intelectual y personalmente, y por confiar en mí.

A los jurados de este trabajo Prof. Laura Delgado, Prof. Nereida Degaldo y Prof. Hermes Piñango, por sus acertadas observaciones y substanciosas sugerencias durante la realización de esta investigación, mil gracias.

A Juan Eudes Martínez (Juancito) gracias por tu valiosa ayuda en la elaboración de los mapas, por tu amistad e infinita paciencia.

A Adriana Zorrilla, Adry gracias por tu amistad, tus sabios consejos, por la resolución de problemas técnicos, por escucharme, soportarme y ayudarme a no desfallecer en este proceso.

A Victor Hugo Aguilar, por tu imprescindible ayuda en los análisis estadísticos y por tu amistad.

A la Sra. Hortensia Frontado por su disposición, guía y apoyo en las visitas al Museo Dr. Pablo Cova García.

A la Familia Cabral- Andrade, por brindarme hospedaje en Maracay y por las tertulias gratas.

Alexandra Dos Ramos, Ale gracias por ayudarme en la parte más ardua de este trabajo, por los ánimos brindados y por tu linda amistad.

A mi prima Vanessa Villarroel, Vane porque eres mi ejemplo a seguir y por tu amistad incondicional, te quiero mucho.

Gabriela Rangel (Gaby) por tus oportunos consejos, apoyo y amistad.

Edmundo Guerrero gracias por esas largas, interesantes y nutritivas conversaciones.

A Paolo Del Ventura (Hermanito), Vanessa Lozano, Jeismar Carballo, Mariana Alarcón, Maria Laura Perazzo, Osmar Caripe, Ronny Gosling, Roselyn Espinoza, Katuska Chávez, Siouxsie Correa, Eluzmar Díaz, Nuriangel Casanova, Germán Gascón, David Suárez, Prof. Gastón Escobar, Prof. Héctor Royo. Prof. Marisol Ortega, Prof. Jorge Pérez, Josmar Fernández, Eilyn Ascanio, Javier Briceño, Miguel Leis, Juan Aponte, Erick Tábata, María Antonieta Zorrilla, Dihawara Peña, Javier Salas, Annelisse Von Bergen, Victor Sojo, Yornayser Pérez, Camila Hernández, Wilfredo Pérez, Leonardo Figueroa, Mónica Prado, Prof. Yadira Rangel, Prof. Maria Eugenia Grillet, José Luis



Moncada, Odila Villarroel, Carlos Scala, Adolfo Nouel, Joxmer Scott, Ángel Rodríguez, Gabriel Culpa, Esteban Blanco y Lorian Quintero, quienes directa o indirectamente me han acompañado en este camino, de los que he aprendido y con los cuales he compartido inolvidables experiencias, gracias.

Nelson Moncada, sin ti no habría logrado alcanzar esta meta, gracias por enseñarme a confiar en mí, y otras tantas cosas. Siempre te querré.

A todas aquellas personas que han participado en mi formación académica y personal, y que ustedes bien saben quiénes son, y no menos importantes por no mencionar particularmente. Gracias.

**A todos, mis infinitos agradecimientos.**

## ÍNDICE

<i>RESUMEN</i> .....	3
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	4
<i>ANTECEDENTES</i> .....	9
<i>OBJETIVOS</i> .....	12
<i>HIPÓTESIS</i> .....	13
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i> .....	14
<i>ÁREA DE ESTUDIO</i> .....	14
<i>DATA UTILIZADA</i> .....	15
<i>AJUSTES A LA DATA</i> .....	15
<i>CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS</i> .....	16
<i>LOCALIZACIÓN (GEO-REFERENCIACIÓN)</i> .....	16
<i>MAPAS DE DISTRIBUCIÓN</i> .....	16
<i>DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE ENDEMISMO</i> .....	17
<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICOS</i> .....	18
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	19
<i>MAPAS DE DISTRIBUCIÓN POR CATEGORIAS TAXONÓMICAS</i> .....	29
<i>TRIBU AEDINI</i> .....	29
<i>Género Aedes</i> .....	30
<i>Subgénero Howardina</i> .....	31

<i>Subgénero Ochlerotatus</i> .....	31
<i>Género Haemagogus</i> .....	32
<i>Género Psorophora</i> .....	33
TRIBU ANOPHELINI.....	34
<i>Género Anopheles</i> .....	34
<i>Subgénero Kerteszia</i> .....	35
<i>Subgénero Nyssorhynchus</i> .....	36
<i>Subgénero Anopheles</i> .....	36
TRIBU CULICINI.....	37
<i>Género Culex</i> .....	37
<i>Subgénero Melanoconion</i> .....	38
<i>Subgénero Microculex</i> .....	38
<i>Subgénero Deinocerites</i> .....	39
<i>Subgénero Culex</i> .....	40
TRIBU MANSONINI.....	41
TRIBU SABETHINI .....	42
<i>Género Wyeomyia</i> .....	43
ÁREAS DE ENDEMISMO.....	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	65

## **Patrones de distribución, análisis geo-espacial y determinación de áreas de endemismo de los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Venezuela.**

Trabajo Especial de Grado

Autora: Fabiola Del Ventura.

### **RESUMEN**

La Familia Culicidae en Venezuela ha sido estudiada ampliamente debido a su importancia médica, por incluir vectores de múltiples enfermedades que generan altas tasas de morbilidad y mortalidad tanto en animales como en humanos. Por lo tanto el conocimiento de la distribución de este grupo y el análisis de su biogeografía histórica permitiría tener una idea acerca de su historia natural, de las razones geológicas y ecológicas, así como de la epidemiología de las enfermedades de los cuales son vectores. Esto se puede obtener realizando análisis de biogeografía histórica, en cuyos métodos, se presume el previo conocimiento de las Áreas de Endemismo (AE), es por ello que la delimitación de estas áreas es uno de los pasos fundamentales, y uno de los más problemáticos en los análisis biogeográficos. (Crisci *et al.* (2000))

Se elaboraron mapas de distribución, y se observó que los registros compilados de Familia Culicidae se distribuyen principalmente al Norte del país, con distribuciones particulares para algunas taxa, hacia zonas montañosas exclusivamente o la región del Pantepui, entre otras.

Mediante análisis de endemismo NDM y PAE, se propuso una delimitación de cuatro áreas de endemismo para mosquitos: denominadas 1.) Región Norcentral, 2) Cordillera Andina, 3) Cordillera Oriental y 4) Macizo Guayanés. Estas áreas también fueron señaladas por Navarro *et al.* 2007.

Se recomienda intensificar los muestreos hacía el Sur del país, para disminuir el efecto de este sobre los patrones de distribución, es decir homogenizar los registros; así como estandarizar la información final que se registre en las fichas de las colecciones e incluso en las planillas de campo.

**Palabras Claves:** *biogeografía histórica, vectores y áreas de endemismo.*

## INTRODUCCIÓN

Los Culícidos, comúnmente conocidos como mosquitos, son insectos pertenecientes al Orden Diptera, Familia Culicidae, es uno de los grupos con mayor cantidad de especies descritas. Existen 35 géneros en total, con más de 3200 especies reconocidas y están agrupados en nueve Tribus: Aedeomyiini, Aedini, Anophelini, Culicini, Mansoniini, Orthopodomyiini, Sabethini, Toxorhynchitini y Uranotaeniini (Sutíl 1980; WRBU 2001). Para Venezuela se han señalado, alrededor de 314 especies agrupadas en 23 géneros. (Sutíl 1980; Guimaraes 1997; WRBU 2001)

Los mosquitos son considerados un problema de salud pública y veterinaria importante debido a su capacidad vectorial real y potencial, se estima que transmiten enfermedades a gran cantidad de personas anualmente causando innumerables pérdidas humanas y económicas.

En Venezuela se han registrado algunas de las enfermedades transmitidas por culícidos entre las cuales se encuentran arbovirosis (virus transmitidos por artrópodos) de la Familia Togaviridae y los géneros siguientes: *Alphavirus*, como la Encefalitis Equina Venezolana (EEV), cuyos vectores principales son *Culex (Melanoconion) Theobald*, *Culex (Deinocerites) (Theobald)*, *Aedes Meigen*, *Psorophora Robinaeu - Desvoidy* y *Mansonia Blanchard*; Encefalitis Equina del Este, Fiebre de Mayaro transmitida por *Haemagogus Williston*; y otros arbovirus del la familia Flaviviridae que son los causantes de enfermedades como el Dengue, cuyo vector principal en Venezuela es *Aedes aegypti (L.)*; Fiebre Amarilla transmitida por mosquitos de los géneros *Haemagogus* y *Sabethes Robineau - Desvoidy* (ciclo selvático) y *Aedes aegypti* (ciclo urbano) , Virus del Oeste del Nilo cuyos principales vectores parecen ser las especies del género *Culex*; Encefalitis de San Luis cuyo vector potencial es *Culex quinquefasciatus* Say; algunos parásitos del género *Plasmodium* causantes del Paludismo o Malaria y los vectores pertenecen al género *Anopheles Meigen*, y algunas enfermedades causadas por Nematodos como la Filariasis (Elefantiasis) transmitidas por mosquitos de los géneros *Culex* y *Anopheles*. Existen también otros arbovirus hasta ahora poco estudiados como: por ejemplo *Bunyaviridae*

Como en otros insectos holometábolos (con metamorfosis completa) el desarrollo atraviesa cuatro fases:

huevo, larva, pupa y adulto. La fase de larva transcurre en cuerpos de aguas tanto estacionales como permanentes, tales como charcos, huecos de troncos, fitotelmatas, huellas de vehículos o animales, recipientes artificiales, lagos, estanques, arroyos, manantiales. La fase adulta es aérea, los tipos de hábitat donde se pueden encontrar son esencialmente sabanas y áreas cultivadas, bosques, zonas pobladas y cuevas. Las características ecológicas de estos insectos son factores determinantes en los patrones de distribución de las diferentes especies.

Usando una rama de la biología conocida como biogeografía, se pueden conocer las distribuciones de estas especies en el espacio y el tiempo, y además proponer hipótesis acerca de los procesos que la causaron así como también proporcionar un sistema de regionalización biótica del planeta (Morrone 2004).

Durante la historia de la biogeografía se han desarrollado varios enfoques, que pueden clasificarse en dos grandes campos, denominados: biogeografía ecológica y biogeografía histórica. La biogeografía ecológica generalmente analiza patrones de distribución individual o poblacional, a escalas espaciales y temporales pequeñas, mientras que la biogeografía histórica básicamente analiza patrones de distribución de especies y taxa supraespecíficos, a escalas espaciales y temporales mayores, y trata de explicar cómo dichos procesos, que suceden a gran escala de tiempo, afectan los patrones de distribución de los seres vivos (Morrone y Crisci 1995; Morrone 2004).

Realizando análisis de biogeografía histórica es posible obtener patrones de distribución que permitan generar hipótesis acerca de la historia natural del grupo, de las razones geológicas, y ecológicas así como de la epidemiología de las enfermedades de las cuales son vectores.

Los cinco métodos básicos de estudio de la biogeografía histórica son: Dispersalismo, Biogeografía Filogenética, Panbiogeografía, Biogeografía Cladística y Análisis Parsimonioso de Endemicidad.

El Dispersalismo deriva del concepto tradicional de “centro de origen” y la dispersión de las especies desde ese centro de origen. (Bremer 1992) implementó recientemente la cladística de la estimación dispersalista con una probabilidad relativa de diferentes áreas donde parte la distribución ancestral de un

grupo, esas áreas conocidas como “centros de origen”.

La Biogeografía Filogenética se basa en las reglas de progresión y desviación para elucidar la historia de la distribución geográfica de un grupo. La Panbiogeografía consiste en plasmar la distribución de taxas diferentes en un mapa, y buscar las coincidencias, entre trazos individuales para determinar trazos generalizados. Los trazos generalizados indican la preexistencia de biotas ancestrales extendidas con fragmentación subsiguiente de cambios geológicos o climáticos.

La Biogeografía Cladística asume una correspondencia entre las relaciones taxonómicas y las relaciones de las áreas, donde la comparación entre los cladogramas de las áreas deriva de taxa diferentes, obteniendo con esto el cladograma de área general. Los más importantes procedimientos de la biogeografía cladística son: análisis de componentes, análisis de parsimonia Brook, árboles de área y árboles reconciliados. El Análisis Parsimonioso de Endemicidad (PAE) agrupa áreas con taxa compartidas análogas a caracteres según las soluciones más parsimoniosas, en los cuales los nodos de clados representan conexión histórica de la fauna entre áreas hermanas.

Varios de estos métodos no son alternativas mutuamente excluyentes, pero algunos de ellos pueden ser integrados en una aproximación biogeográfica, con la capacidad de resolver problemas diferentes, como el reconocimiento de homología espacial (panbiogeografía), la identificación de las áreas de endemismo (PAE), y la formulación de hipótesis sobre relaciones de área (Biogeografía cladística) (Morrone y Crisci 1995).

En varios de los métodos antes mencionados, se presume el previo conocimiento de las áreas de endemismo (AE). Es por ello que la delimitación de estas áreas es uno de los pasos fundamentales, y uno de los más problemáticos en los análisis biogeográficos, (Crisci *et al.* 2000) Existen dos métodos principales para la delimitación de AE: Análisis de Agrupamiento (Cluster) y PAE (Análisis de Parsimonioso de Endemicidad), este último propuesto por Morrone (1994), los cuales están basados en estudios previos hechos por Rosen en el año 1988.

El concepto de áreas de endemismo posiblemente deriva del modelo de vicarianza y puede ser usado

como Biogeografía Vicariante. De acuerdo con el modelo de vicarianza, una biota ancestral fue fragmentada por la aparición de una barrera, dicha barrera limitó el flujo de genes entre las poblaciones separadas por ella, estos eventos traen como consecuencia la especiación alopátrica de muchas especies que constituían la biota anterior. De esta manera dos nuevas biotas emergen, cuando son separadas por la barrera. Las causas entre la aparición de la barrera y la formación de nuevas biotas son esenciales en el modelo de vicarianza. Cuando muchas especies están restringidas a áreas individuales, en áreas extensas con diferentes biotas, estas son denominadas **áreas de endemismo**. Pueden ser definidas como áreas delimitadas por barreras, y las especies están por lo tanto limitadas por dichas barreras. Usualmente con la vicarianza no se puede observar las causas directas de esos procesos generales.

La definición de áreas de endemismo en el sentido de Nelson y Platnick (1981) Platnick (1991), Morrone (1994) y Linder (2001) está basado en similitud espacial de áreas de distribución, esto es simpatría relativamente extensiva en dos especies (Platnick, 1991)

Linder (2001) presenta una definición explícita de áreas de endemismo, áreas delimitadas por distribución congruente de al menos dos especies, esa es la definición estándar de áreas de endemismo, citado por Hausdorf (2002).

Un segundo patrón que puede predecir áreas de endemismo, con base al modelo de vicarianza, consiste en las relaciones filogenéticas entre las taxa que habitan las áreas de endemismo; ya que las causas entre la aparición de las barreras y el origen de nuevas especies, basadas en cladogramas de áreas y cladogramas taxonómicos muestran congruencia y refleja una única historia de las áreas (con la excepción de algunas especies que no responden a algunos eventos de vicarianza) (Platnick y Nelson, 1978); (Nelson y Platnick, 1981) Este patrón es la base de la definición dada por Harol y Mooi (1994) un área de endemismo es “una región geográfica que comprende la distribución de dos o más taxa que exhiben una concordancia en su distribución y filogenia; y que coexisten con grupos relacionados en la misma área.” ; referido por Hausdorf (2002).



En este trabajo se pretende mostrar una aproximación de los patrones de distribución con ejemplos para grupos de especies, con énfasis en aquellas de importancia médica y veterinaria. Además se pretende identificar posibles áreas de endemismo con la finalidad de describir con mayor claridad dichos patrones de distribución, lo cual apoyaría futuras investigaciones en diferentes áreas del conocimiento de la historia natural de este grupo de especies, las cuales serán necesarias para implementar medidas efectivas de control para mosquitos vectores de enfermedades.

## ANTECEDENTES

A pesar de que los Culicidae han sido ampliamente estudiados debido a su importancia en salud pública y veterinaria, es poco lo que se conoce sobre la distribución y los centros de endemismo definición de este grupo, tanto en Venezuela como a nivel mundial.

Mundialmente y según estudios realizados por Lane (1949) con base en el número de especies endémicas y la relación número de especies y región zoogeográfica; la región con mayor número de géneros y sub.-géneros en proporción al área es: Australasia, seguida por la región Oriental y en tercer lugar la Neotropical señalando estas regiones como posibles “centros de origen” de la Familia Culicidae; dichas regiones, están aisladas por cadenas montañosas y desiertos.

Posteriormente Mattingly (1962) señala que el origen de la Familia Culicidae posiblemente es Gondwanico.

Belkin (1962) hizo una división del mundo en doce áreas faunísticas para los mosquitos, siendo estas áreas (Sur Pacífico, Norte y Sur de Australia, Papua, Islas Occidentales del Pacífico, Etiopía, Indomalaya, Oriental, Malagasia, Palearctica, Neartica, Americana Mediterránea, Neotropical y Patagónica – Sur Chilena) ; así como Lane, Belkin señala en su trabajo que esta distribución está determinada por la actividad orogénica que causa “interconexiones insulares”, “formación de islas”, “fragmentación de la masa continental”, lo cual a su vez genera “oportunidades ideales para la rápida fijación de nuevos tipos adaptativos de organismos” (Belkin (1962) señalado en Navarro (1998)).

Belkin (1962) hace especial énfasis en la región Pacífico Sur, en esta región encontró 189 especies, incluyendo 23 (morfotipos), sin embargo él señala que esta información es bastante subjetiva ya que podrían existir errores taxonómicos, errores en las etiquetas de identificación y en los libros de registro.

Knith y Stone (1977) presentaron un Catálogo de Mosquitos del Mundo haciendo referencia a las zonas (países donde se había registrado la especie).

En 1997 Guimarães publicó “Systematic Database of Diptera of the Americas South of the United States (Family Culicidae) en el cual hizo una recopilación de las especies y las localidades donde se

encontraron dichas especies, basado en el aporte de Knight y Stone, sin embargo el autor afirma que este trabajo aún no está completo pues se requiere un análisis de filogenia de mosquitos, para complementar la información.

Posteriormente Foley *et al.* (2007) presentaron mapas globales de riqueza y endemismo de especies de mosquitos usando las bases de datos existentes de especie endémicas por país, disponibles en el sitio web de WRBU (<http://www.wrbu.org/index.html>); encontrando que las regiones biogeográficas más ricas para mosquitos son el Neotrópico y el Sudeste de Asia. La sugerencia de que la mayoría de grupos de mosquitos ocurra en los trópicos ha sido formulada antes por Lane (1949), Belkin (1962), entre otros; sin embargo Foley *et al.* (2007), demuestran un aumento en la riqueza de especies hacia el ecuador, y muestran también que los países insulares son mucho más ricos en especies y tienen un alto número de especies endémicas. El número de especies de mosquitos detectadas en un área dada es también resultado del esfuerzo de muestreo y de la riqueza de especies intrínseca, que para muchos puede ser influenciada por el clima, la diversidad de hábitats o la biohistoria de la especie. (Ricklefs y Schuller (1993) según Foley *et al.* (2007)). Un gradiente latitudinal de incremento de la biodiversidad desde los polos hacia el ecuador ha sido notado para muchos organismos (Jablonski *et al.* (2006) Según Foley *et al.* (2007)

Para Venezuela en el año 1951 Cova – García en su publicación *Distribución Geográfica y Datos Binómicos de los Anofelinos de Venezuela*, presenta la distribución geográfica en Venezuela de algunas especies del género *Anopheles* además de hacer referencia a los tipos y características de criaderos y estaciones de captura donde fueron colectados y las posibles relaciones de estos patrones de distribución con la altura, precipitación y temperatura de dichas regiones geográficas.

Luego en el año 1980 Sutil en su “Enumeración histórica y geográfica de las especies de *Culicidae* de Venezuela ordenadas según su taxonomía” Señala para la subfamilia *Culicinae* que en la región Neotropical y en Venezuela existen 9 tribus y 18 géneros con un total de 286 especies conocidas para la época para las cuales señala autor y fecha en que fue localizada, entidades políticas, sinonimias, además

del año, autor y lugar donde se encontró por primera vez en nuestro país. Sutil no incluyó en su trabajo a la tribu Culisettini ya que solo está presente en las sub – regiones Antillana y Mexicana. Estas nueve tribus son: (Aedomyiini, Aedini, Anophelini, Culicini, Mansoniini, Orthopodomyiini, Sabethini, Toxorhynchitini y Uranotaeniini).

En el año 2004 Osborn *et al.*, publican “Caracterización Eco regional de los Vectores de Malaria en Venezuela”, estos autores recopilaron la información existente en los registros de diferentes museos y bibliotecas de las universidades, instituciones científicas de Venezuela y datos no publicados de colectas de anofelinos, y a partir de allí elaboraron mapas por especie que muestra la distribución geográfica de los vectores de malaria, (mosquitos del género *Anopheles*) y caracterizaron eco- regiones asociadas a estos insectos vectores, siendo este trabajo un punto de apoyo que permitirá la elaboración de mapas temáticos sobre la distribución de especies vectoras en función de las características fisiográficas y cronológicas.

Navarro *et al.* en (2007) realizaron un estudio, el cuál es una primera aproximación para entender la distribución y evolución histórica de los Culicidae en Venezuela y áreas adyacentes usando métodos cladísticos, los autores tomaron para su estudio las asociaciones entre estadios inmaduros de mosquitos con hábitats acuáticos, como las fitotelmatas (plantas con estructuras morfológicas en las cuales se puede almacenar agua, representado esto un criadero adecuado para los mosquitos, que además es discreto y de fácil muestreo) con muestreos en dieciséis áreas naturales protegidas de Venezuela (Parque Nacionales y Monumentos Naturales), posteriormente hicieron un análisis parsimonioso de endemidad (PAE) usando las localidades y las especies de mosquitos y presentaron el árbol más parsimonioso, obteniendo como resultado que, el escudo Guayanés es el centro de especiación más ancestral, seguido de la región Andina, mientras que la fauna de mosquitos de la Cordillera Central es de origen mucho más reciente, concordando esto con la hipótesis planteada por los autores.

## OBJETIVOS

- ❖ Establecer las bases para la creación de un catálogo de mosquitos (Culicidae) de Venezuela con información Territorial reciente.
- ❖ Generar mapas de distribución por grandes grupos (tribus, géneros) y subgéneros de importancia médica y veterinaria.
- ❖ Determinar áreas de endemismo mediante dos métodos: análisis de endemismos y PAE (análisis parsimonioso de endemidad)
- ❖ Realizar un análisis geo-espacial de los datos de distribución por grupos de mosquitos y relacionarlas con patrones de relieve, temperatura, altitud, precipitación y vegetación.

## HIPÓTESIS

En especies y grupos de especies asociadas a criaderos naturales podemos esperar:

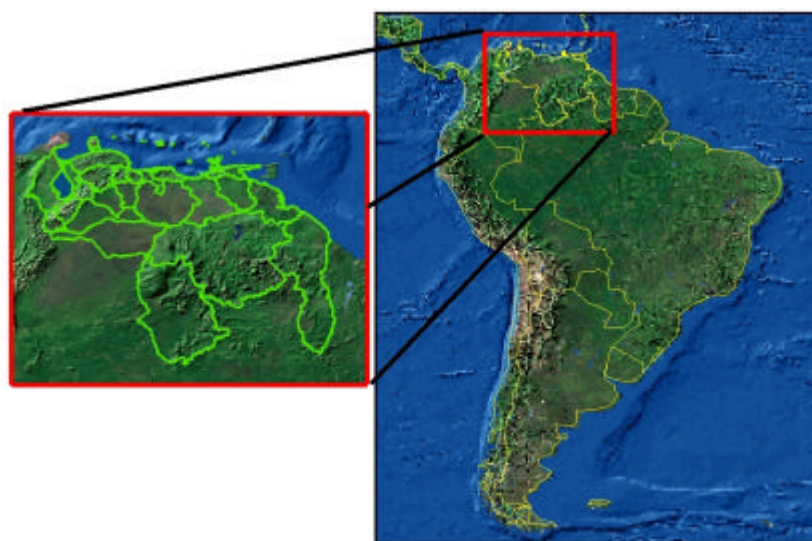
- 1 Según las aproximaciones biogeográficas realizadas por varios autores en diferentes grupos; los centros de mayor endemismo en Venezuela, están asociados a las zonas del Macizo Guayanés, y la Cordillera de los Andes, por lo que se espera que las áreas de endemismo que se obtengan en este trabajo concuerden a nivel de gran escala jerárquica (géneros, sub-géneros) con estas zonas.
- 2 Debido a que, taxonómicamente, la mayoría de los subgéneros están asociados a sitios de cría de los inmaduros (Ej.: fitotelmatas, cuerpos de agua en el suelo, etc.) las áreas de endemismo deberían estar asociadas a patrones de distribución de estas plantas que están directamente asociados al relieve y altitud producto de la orogenia particular de las áreas de endemismo generales.
- 3 Para el nivel jerárquico de especies, las áreas de endemismo serán más difíciles de establecer debido a que los patrones de distribución deben estar asociados a eventos de data mucho más reciente, en el cual la vegetación debe ser un factor un papel preponderante, y los cambios antropogénicos deben influir en los patrones actuales de la vegetación, mucho más que los eventos orogénicos.
- 4 En especies y grupos de especies con criaderos antropogénicos como: *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* entre otras con ecología similar, los patrones de distribución deberán estar asociados a centros poblados, medianos (ciudades) y grandes (zonas costeras, con más del 70 % de la población humana), debido al comportamiento humano de usar recipientes artificiales para el almacenamiento del agua, por lo tanto serán descartados para el análisis final de centros de endemismo, y serán considerados como producto neto de la actividad humana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

Venezuela está localizada en el continente americano al Norte de América del Sur, al oeste del Meridiano de Greenwich entre el meridiano  $59^{\circ} 48'$  en su parte más oriental (que pasa por la confluencia de los ríos Barima y Mururuma en el Estado Delta Amacuro) y el meridiano  $73^{\circ} 25'$  en su parte más occidental (que pasa por el nacimiento del río Intermedio, en el Estado Zulia). Al norte del Ecuador está entre los paralelos  $10^{\circ}38'53''$  en su parte más meridional (que pasa por las cabeceras del río Ararí en el extremo más meridional del estado Amazonas) y el paralelo  $12^{\circ} 12'$  en su parte más continental (que pasa por el Cabo San Román, Península de Paraguaná, en el estado Falcón)

Los territorios insulares se extienden septentrionalmente hasta Isla de Aves a  $15^{\circ} 40' 33''$  de Longitud Oeste. Limita al norte con el Mar Caribe o de Las Antillas y el Océano Atlántico, al este con Guyana Británica, al sur con el Brasil y al oeste con Colombia.



**Fig. 1** Mapa representativo del Área de Estudio.

## **DATA UTILIZADA**

La data usada en esta investigación proviene de la revisión de las colecciones de mosquitos del Museo Entomológico Doctor Pablo Cova García del IAESP (Instituto de Altos Estudios Superiores en Salud Pública Dr. Arnoldo Gabaldon, Maracay) y LBV-MB –UCV (Laboratorio de Biología de Vectores, Museo de Biología UCV.), adicionalmente se usó la data existente en literatura: Mosquitos de Meso-América (Heineman y Belkin (1978); Enumeración histórica y geográfica de las especies de *Culicidae* de Venezuela ordenadas según su taxonomía (Sutil 1980), Distribución geográfica y datos bionómicos de los Anofelinos de Venezuela. (Cova – García 1951), Systematic Database of Diptera of the Americas South of the United States (Family CULICIDAE) (J.H. Guimaraes 1997), Contributions of the American Entomological Institute Volúmenes N° 2, 3, 4, 7, 13,17 y 27 y los datos contenidos en la página web de WRBU (2001) <http://www.mosquitocatalog.org/>, con la finalidad de agrupar la mayor cantidad de datos existente para Venezuela y realizar los análisis propuestos en este trabajo.

## **AJUSTES A LA DATA**

Se hicieron ciertos ajustes a la data debido a la falta de uniformidad de la información contenida tanto en las colecciones como en la literatura, encontrando muchas muestras sin información taxonómica específica, es decir sólo identificados hasta la jerarquía de género y/o subgénero, las cuales fueron descartadas para la creación de la base de datos y otras tantas sin mayor información espacial (localidad) detallada, que tampoco fueron usadas. Esto es debido a que se trabaja con muestras de museo y literatura de diversos años y que se obtuvieron bajo diferentes enfoques y objetivos.

En cuanto a las localidades de muestreo registradas se observó que hay mucha discordancia en el nivel de detalle, por lo que se descartó el 20 % de las localidades; de un total de 533 localidades, se tomaron sólo 432, por ejemplo, algunos registros cuya localidad registradas era sólo el nombre del Estado, que para nuestro nivel de estudio no es de utilidad; otros con el epíteto específico o alguna referencia de la localidad pero sin más información espacial, como nombres de localidades repetidos en diferentes estados, estos tampoco fueron usados ya que son ambiguos y/o poco confiables. En casos donde la



localidad reportada era el nombre de la Parroquia se tomó el centroide de la misma. Es importante destacar que estos datos deben tratarse con prudencia, ya que las condiciones físico-naturales dentro de estas unidades territoriales puede ser muy heterogénea, por lo que no se podrán usar para ciertos análisis como la correlación de la distribución con la altitud, entre otros, sin embargo se pueden incluir para observar los patrones de distribución por la escala de trabajo que se utilizó.

### **CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS**

La base de datos se realizó en Microsoft® Office Excel 2003 con las coordenadas geográficas de los sitios de colecta (expresadas en el sistema sexagesimal), nombre de la localidad, estado y nombre de las especies, denotando presencia o ausencia de las mismas en dichas localidades. Se estructuró de esta forma por compatibilidad con los programas geo-espaciales y de endemismo, y además tiene la posibilidad de agregar y/o modificar información posteriormente.

### **LOCALIZACIÓN (GEO-REFERENCIACIÓN)**

Las coordenadas geográficas de las localidades se obtuvieron por varias fuentes: Las Gacetillas geográficas de Venezuela del IVGSB, localizaciones por GPS (obtenidas en campo por los colectores) y la página de Global Biodiversity Information Facility (<http://data.gbif.org/>)

### **MAPAS DE DISTRIBUCIÓN**

Los mapas representativos de los patrones de distribución de los mosquitos, altitud, temperatura, precipitación y vegetación, se realizaron usando el programa ArcGis™ 9.2 de ESRI® ; para realizar el mapa de vegetación se usó el nivel jerárquico Tipos de Vegetación o Fitocenosis, del mapa de vegetación de Huber & Alarcón (1988) escala 1: 2.000.000, se usaron los datos de altura SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, de 90 metros de resolución) y los climáticos (temperatura y precipitación)(2,5' de resolución) se obtuvieron de la página de WorldClim. (<http://www.worldclim.org/>)

Tabla 1. Escalas de las Coberturas usadas

Cobertura	Escala	Resolución espacial	Nivel de detalle
Vegetación	1:2.000.000	5000 m	20 Km
Temperatura	1:1.000.000	4260 mts (2,5')	18,5 Km
Precipitación	1:1.000.000	4260 mts (2,5')	18,5 Km
Altitud	1:250.000	90 mts	1,44 Km

**Nivel de detalle:** unidad mínima para análisis espacial

**Resolución espacial:** unidad mínima representable sin distorsiones considerables en sus proporciones reales

## **DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE ENDEMISMO**

La búsqueda de áreas de endemismos se realizó a partir del método de cuadrículas/rejillas de tamaños variados ( $1^\circ \times 1^\circ$ ,  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ,  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ) con valores de presencia asumida y observada, de 20 (entre 0 - 100) para la observada y 50 (entre 0 - 100) para la asumida desarrollado por (Szumik *et al.*, 2002; Szumik & Goloboff, 2004) en NDM 2.5 (Goloboff, 2005; Szumik *et al.* 2006), siguiendo la búsqueda heurística con permutación (adición/ eliminación) simultánea de dos celdas, almacenando áreas con más de dos taxa, descartando subóptimos y áreas superfluas, y finalmente se realizaron análisis de consenso (a partir del 50% de similitud). El análisis de endemismos de Szumik *et al.* (2002) calcula el grado de endemividad a partir de la proporción de celdas del área donde una especie está presente y la proporción de celdas fuera del área (y adyacentes) donde esté presente. Este método es implementado en el programa VNDM/NDM de Goloboff (2005) el cual emplea estrategias heurísticas para encontrar las áreas que maximizan el criterio de endemividad.

También se realizaron análisis parsimoniosos de endemividad o PAE (Morrone, 1994; Morrone & Crisci, 1995) con WinClada (2002) a partir de cada matriz de presencia/ ausencia (denotadas con "0" para ausencia y "1" para presencia) obtenida con NDM.

Todos los caracteres fueron codificados con el sistema binario, con igual peso o no pesados para obtener el cladograma más parsimonioso (MPC) por enumeración implícita, es decir la solución exacta.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Se realizó un análisis de Regresión Logística, mediante el cual se evaluó la relación entre una variable dependiente de tipo binaria, y varias independientes.

En el presente estudio, la variable dependiente es la presencia de la Familia Culicidae (jerarquía de género y subgénero) y las independientes los valores de temperatura, altitud, precipitación y vegetación, para observar la influencia de estas variables sobre la distribución de los mosquitos. Dichos análisis se realizaron con el programa SPSS, versión 10.0 (SPSS Inc.)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo, se procedió a construir una base de datos de presencia/ausencia de mosquitos, fueron contabilizados un total 9607 registros, 432 localidades, 19 géneros y 254 especies. Para Venezuela se han señalado, alrededor de 314 especies agrupadas en 23 géneros. (Sutil 1980; Guimaraes 1997; WRBU 2001), esta diferencia entre nuestros registros y los registros considerados válidos para el país es explicada porque existen registros de especies cuyas localidades no son conocidas o no están disponibles, como es el caso de muestras del National Museum of Natural History, Washington, D.C. Smithsonian Instituton.

En la Figura 1 se puede observar el porcentaje de las localidades muestreadas por estado en relación al total de las localidades geo-referenciadas. El estado con el mayor porcentaje de localidades muestreadas fue Aragua, seguido de Táchira, Falcón, Carabobo y Zulia, por el contrario estados con un porcentaje muy bajo de localidades muestreadas, o representadas como Portuguesa y las Dependencias Federales.

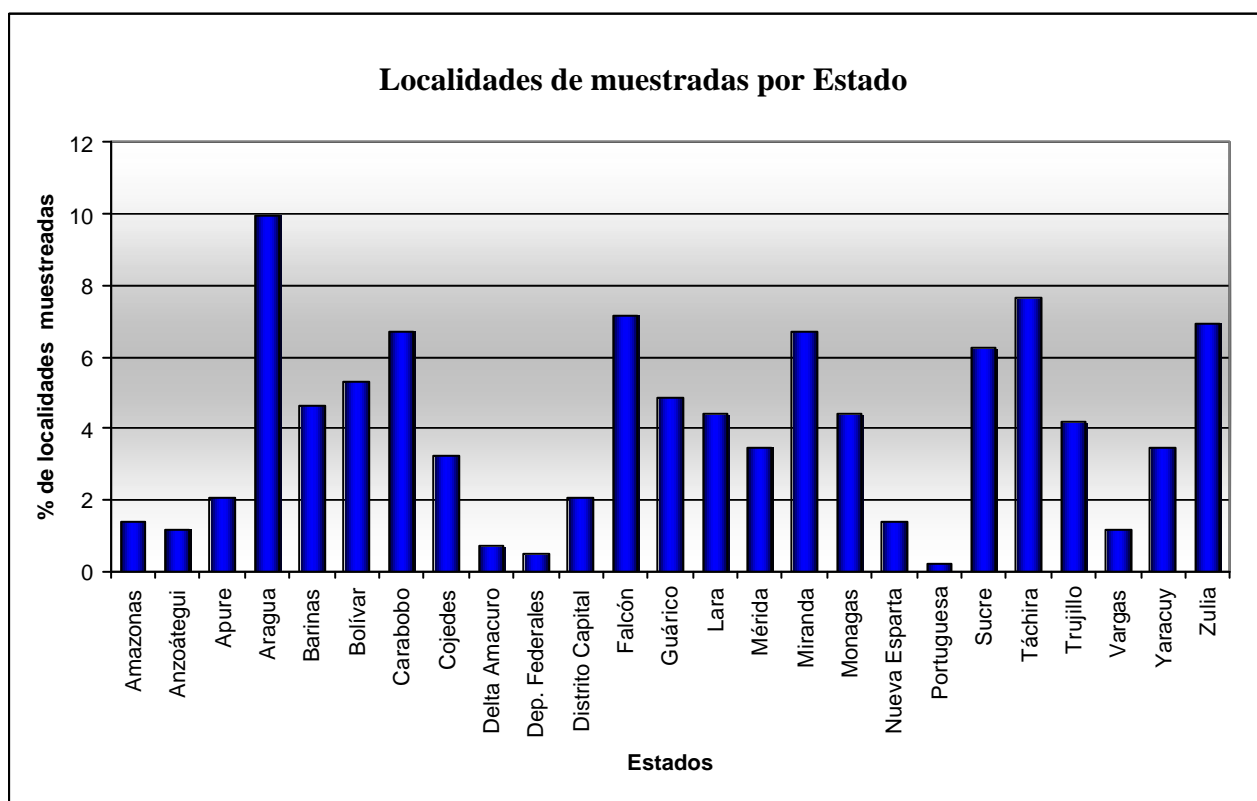
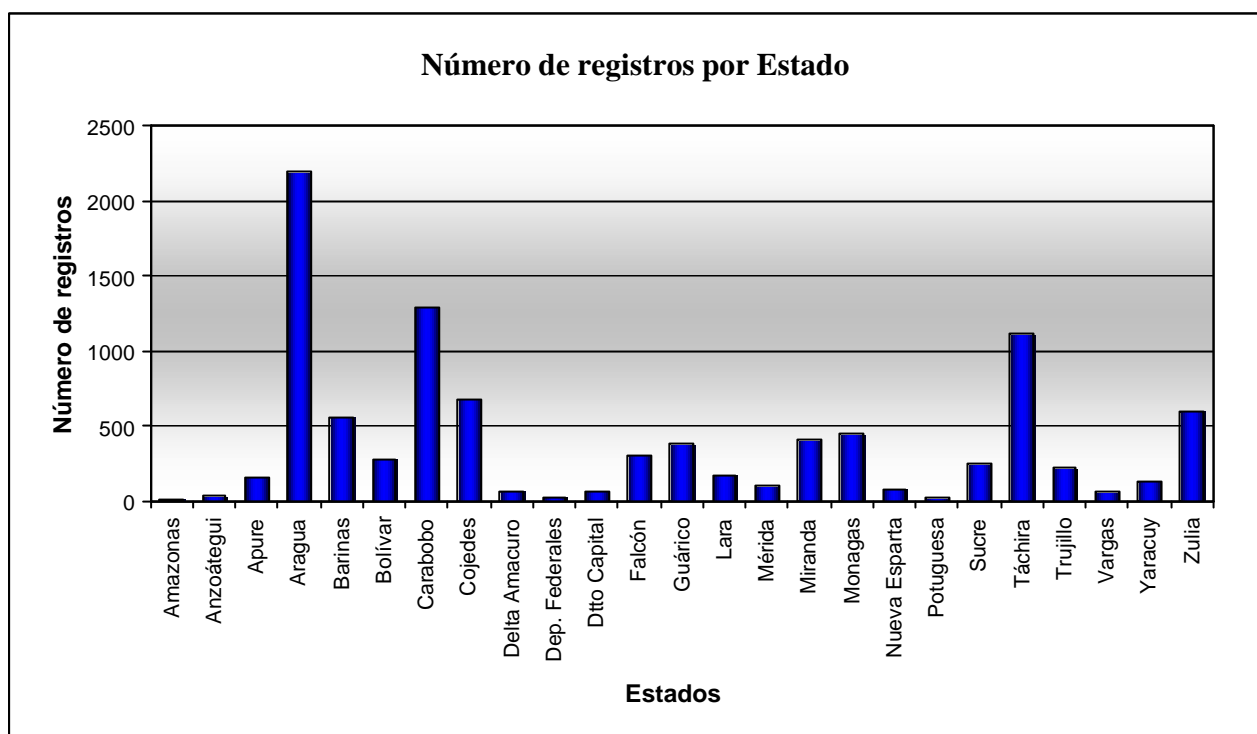


Figura 1. Porcentaje de las localidades muestreadas por estado.

En la Figura 2, se muestra el número de registros totales por estado, representando un índice del esfuerzo de muestreo por estado.

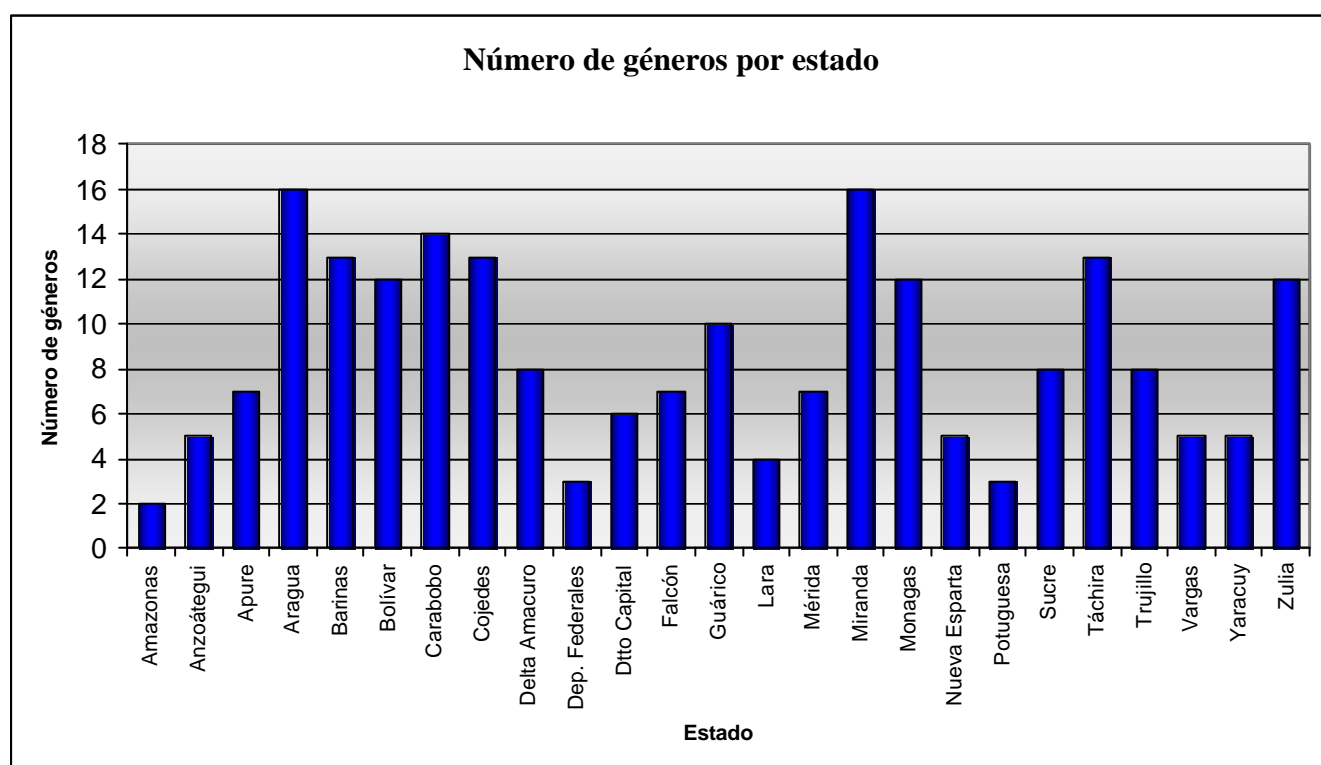


**Figura 2. Número de registros por estado.**

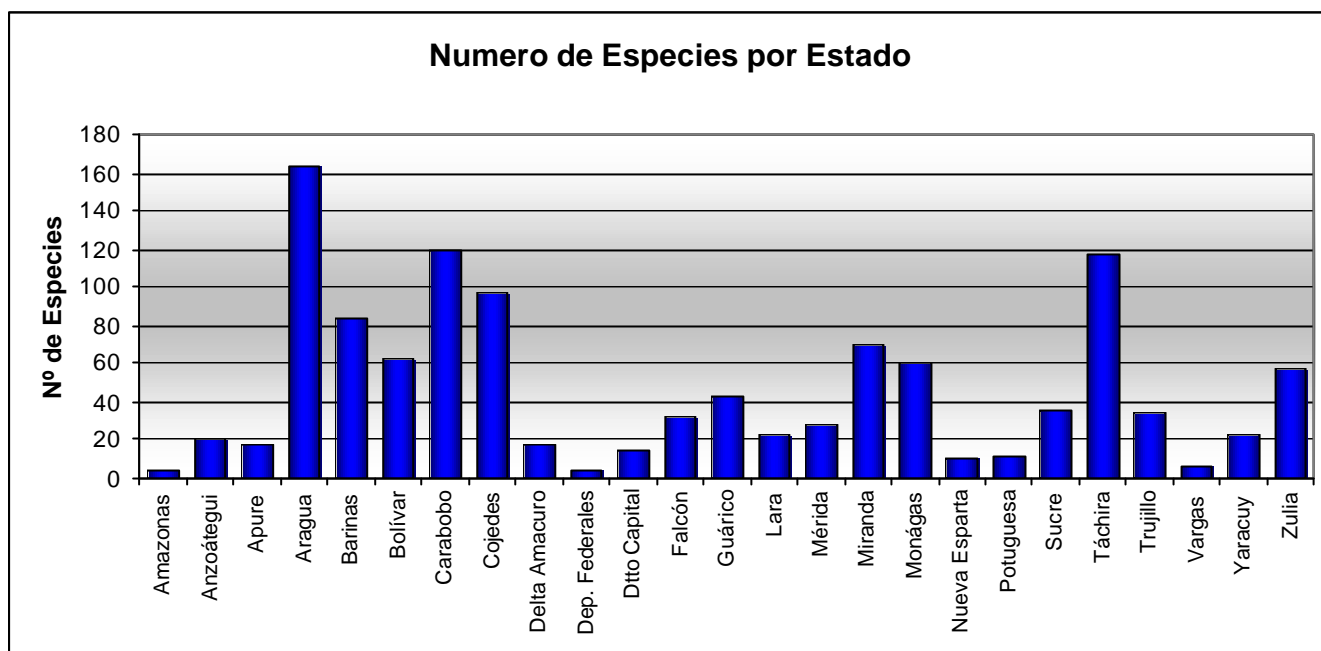
El estado con mayor número de registros es Aragua con un total 2190, seguido de Carabobo con 1294 y Táchira con 1110, el estado Amazonas posee 7 registros siendo este el estado con menor número de registros.

Se puede apreciar que la gran mayoría de registros compilados en esta investigación corresponden a colectas realizadas en las regiones CentroNorte, Andina y el estado Zulia; por lo que podemos concluir que existe un vacío de información en gran parte del país y principalmente hacia el Sur del río Orinoco.

En la Figura 3, se presenta el total de géneros reportados por estado; se observa que los estados con mayor diversidad de géneros, son Aragua y Miranda con un total de 16 géneros cada uno, y Amazonas posee la menor diversidad de géneros referenciados con un total de 2; se nota que estos valores son independientes del número de localidades por estado y los registros totales por estado, como es el caso del estado Delta Amacuro, que a pesar de tener pocos registros y localidades muestreadas, se observa la presencia de un total de 8 géneros. Esto, nos indica que el muestreo parece no influir en la diversidad de géneros encontradas en alguna localidad.



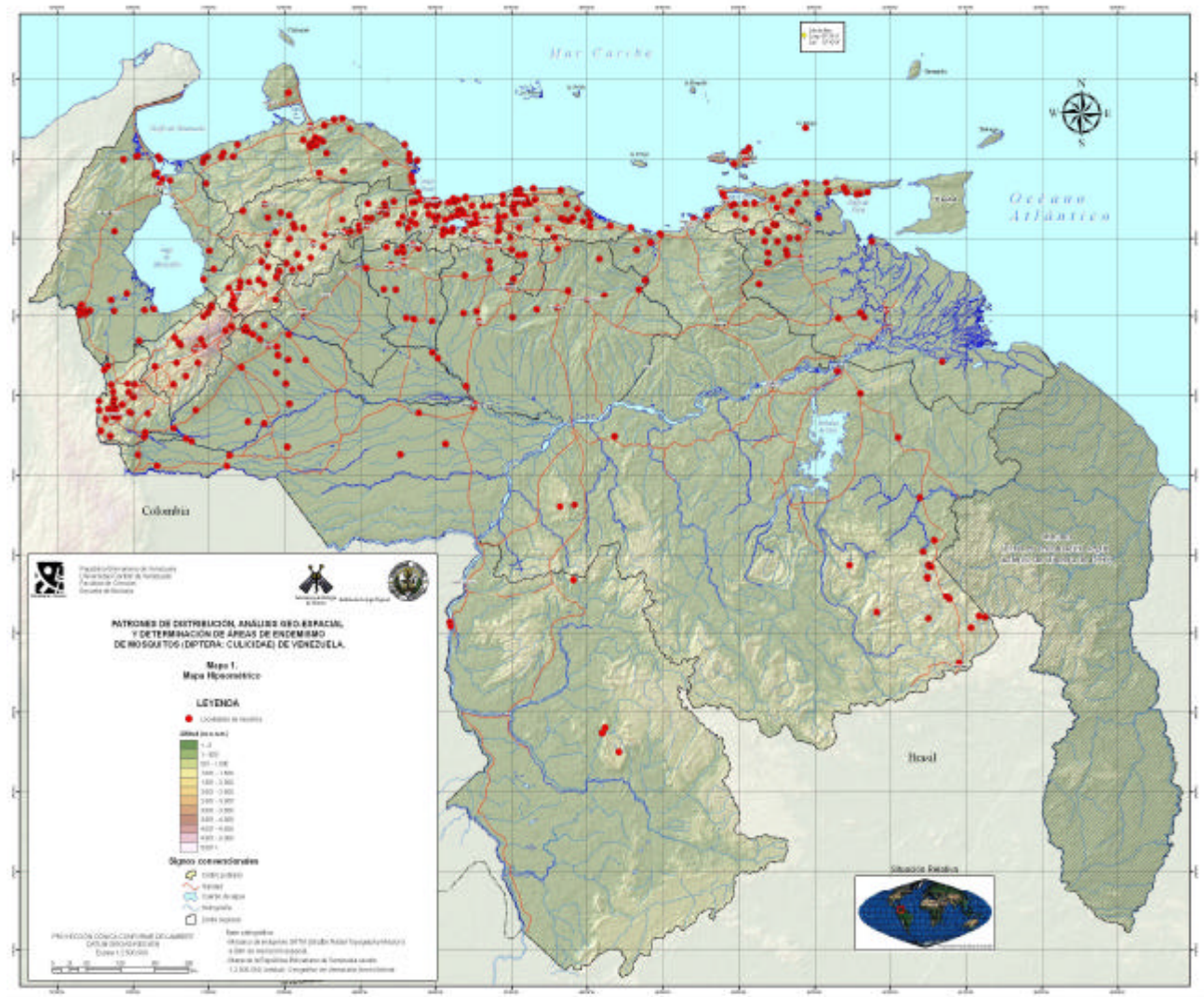
**Figura 3. Número de géneros registrados por estado.**



**Figura 4. Número de especies registradas por estado.**

En la Figura 4, podemos observar el número de especies registradas por estado. Los estados con mayor diversidad de especies son: Aragua con 164 especies, Carabobo con 120 especies registradas, Táchira con 118 registros y Cojedes con 97 especies, coincidiendo con los estados en los que el muestreo ha sido más intenso (Ver Fig 2); por otra parte se observa que el estado Amazonas y las Dependencias Federales poseen la menor diversidad de especies registradas con 4 especies cada uno, y el Estado Vargas con 6 especies registradas.

Se muestra a continuación, un mapa con las localidades que han sido registradas para mosquitos en Venezuela.





Con base en lo observado en el mapa 1, se puede señalar que los registros de la Familia Culicidae en Venezuela se encuentran concentrados principalmente hacia la Región Norcentral del país, abarcando la Cordillera Central y Cordillera Oriental. Un segundo “foco” de concentración de registros lo representa la Cordillera de Los Andes. No es difícil percatarse que éste patrón está fuertemente influenciado por el esfuerzo de muestreo como se ha señalado en las primeras figuras de registros totales por géneros y especies.

Es importante señalar que se trabajó con muestras de museo y literatura, por lo que es difícil estandarizar bajo qué condiciones se hicieron dichos muestreos, sin embargo se puede inferir que fueron totalmente disímiles, generalmente asociados a investigaciones sobre enfermedades transmitidas por los mosquitos; también se puede notar una estrecha relación entre los puntos de muestreo y las principales carreteras del país; además de detectar una deficiencia de datos en el Sur del País (Estados Amazonas, Bolívar); Apure, Trujillo, y Oriente (Anzoátegui, Sucre).

Históricamente, el comportamiento de los registros de Culicidae pueden ser asociados a intensivos y extensivos esfuerzos de muestreo por dos razones principales, los cuales no son excluyentes: estudios de vectores de malaria desde las campañas lideradas por Gabáldon en los años 40's e investigaciones específicas asociadas con malaria, dengue y encefalitis equinas para los años 90's y década actual; y estudios de biodiversidad liderados por el Instituto Smithsonian de Washington, bajo la dirección de JN Belkin (Proyecto Mosquitos de Meso-América en los años 70's y 80's y recientemente (90's y 2000's) con estudios relacionados con Culicidae en Fitotelmatas.

### **Correlaciones entre variables**

Los análisis estadísticos realizados para evaluar las correlaciones entre la presencia de los mosquitos y las variables físico ambientales, dieron los siguientes resultados:

Ninguna correlación estadísticamente significativa con las variables temperatura, precipitación, altitud y vegetación, y la presencia de los géneros *Aedes*, *Anopheles*, *Haemagogus*, *Psorophora*, *Sabethes*, *Culex* y *Wyeomyia*.

Sin embargo, para los géneros *Coquillettidia*, *Mansonia* y algunos subgéneros de *Culex*, *Anopheles* *Aedes* y *Wyeomyia* sí se observó una correlación negativa principalmente con la precipitación y la altitud.

Los subgéneros *Kerteszia*, *Nyssorhynchus* y *Anopheles* del género *Anopheles*, presentaron correlación estadísticamente significativa con la variable precipitación, con un valor de significancia de 0.016 para *Kerteszia* (Tabla 2), 0.004 para *Nyssorhynchus* (Tabla 3) y 0.006 para *Anopheles* (Tabla 4).

**Tabla 2. Regresión Logística del subgénero *An (Kerteszia)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	PPMM	.001	.001	5.795	1	.016	1.001
	Constant	-5.309	1.166	20.723	1	.000	.005

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 3. Regresión Logística del subgénero *An (Nyssorhynchus)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	PPMM	-.002	.001	8.361	1	.004	.998
	Constant	1.067	.900	1.405	1	.236	2.905

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 4. Resultados Regresión Logística del subgénero *An (Anopheles)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	PPMM	-.002	.001	7.492	1	.006	.998
	Constant	.875	.921	.902	1	.342	2.399

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

Los subgéneros *Culex* y *Melanoconion* del género *Culex*, tienen correlación significativa y negativa con las variables precipitación y altitud, sin embargo para el subgénero *Culex*, la altitud está más correlacionada que la precipitación (Tabla 5) y para *Melanoconion* ocurre lo contrario (Tabla 6), por otra parte para el subgénero *Culex (Microculex)* no se encontró correlación estadísticamente significativa con ninguna de las variables evaluadas.

**Tabla 5. Resultados Regresión Logística del subgénero *Culex (Culex)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	ALTITUD	-.002	.000	17.472	1	.000	.998
	Constant	1.374	.281	23.948	1	.000	3.952
Step 2 <sup>b</sup>	ALTITUD	-.002	.000	12.841	1	.000	.998
	PPMM	-.001	.000	9.263	1	.002	.999
	Constant	2.913	.596	23.891	1	.000	18.416

a. Variable(s) entered on step 1: ALTITUD.

b. Variable(s) entered on step 2: PPMM.

**Tabla 6. Resultados Regresión Logística del subgénero *Culex (Melanoconion)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	PPMM	-.002	.000	15.327	1	.000	.998
	Constant	2.086	.591	12.437	1	.000	8.052
Step 2 <sup>b</sup>	ALTITUD	-.001	.000	6.263	1	.012	.999
	PPMM	-.001	.000	11.535	1	.001	.999
	Constant	2.384	.631	14.286	1	.000	10.852

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

b. Variable(s) entered on step 2: ALTITUD.

Los subgéneros *Culex (Deinocerites)* spp., *Wyeomyia (Wyeomyia)* spp, *Aedes (Howardina)* spp. y los géneros *Mansonia* y *Coquillettidia*, presentaron correlación negativa estadísticamente significativa con la variable precipitación, con valores de significancia de 0.003 para *Culex (Deinocerites)* spp., 0.002 *Wyeomyia (Wyeomyia)* spp., 0.012 *Aedes (Howardina)* spp., 0.003 *Mansonia* y *Coquillettidia* (Ver tablas 7,8,9,10 y 11 respectivamente)

**Tabla 7. Resultados Regresión Logística del subgénero *Culex (Deinocerites)* spp.**

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	PPMM	-.003	.001	8.536	1	.003	.997
	Constant	1.780	1.242	2.056	1	.152	5.933

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 8. Resultados Regresión Logística del subgénero *Wyeomyia* (*Wyeomyia*) spp.****Variables in the Equation**

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	PPMM	-.002	.001	9.590	1	.002	.998
	Constant	1.120	.726	2.377	1	.123	3.063

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 9. Resultados Regresión Logística del subgénero *Aedes* (*Howardina*) spp.****Variables in the Equation**

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	PPMM	-.001	.001	6.336	1	.012	.999
	Constant	.445	.691	.415	1	.520	1.560

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 10. Resultados Regresión Logística del género *Mansonia*****Variables in the Equation**

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	PPMM	-.003	.001	8.536	1	.003	.997
	Constant	1.780	1.242	2.056	1	.152	5.933

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

**Tabla 11. Resultados Regresión Logística del género *Coquillettidia*****Variables in the Equation**

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	PPMM	-.003	.001	8.536	1	.003	.997
	Constant	1.780	1.242	2.056	1	.152	5.933

a. Variable(s) entered on step 1: PPMM.

Estos resultados indican que la precipitación es la variable que más influye sobre la presencia de los mosquitos, a nivel de género y subgénero, y en algunos casos como los géneros *Mansonia* y *Coquillettidia* la variable altitud también puede ser importante sobre la distribución.

Se observa una correlación negativa con la precipitación, esto puede deberse a que la mayoría de los datos compilados son de estadios inmaduros, cuyos criaderos pueden ser lavados en épocas de lluvia y disminuir la presencia de estos, sin embargo para verificar esto es necesario hacer análisis de

correlación con épocas de lluvia y presencia de las especies y/o correlacionar la precipitación con grupos de especies según los criaderos específicos (temporales o permanentes), ya que los análisis realizados son hechos con valores de precipitación media anual siendo estos poco detalladas para observar las diferencias en este grupo.

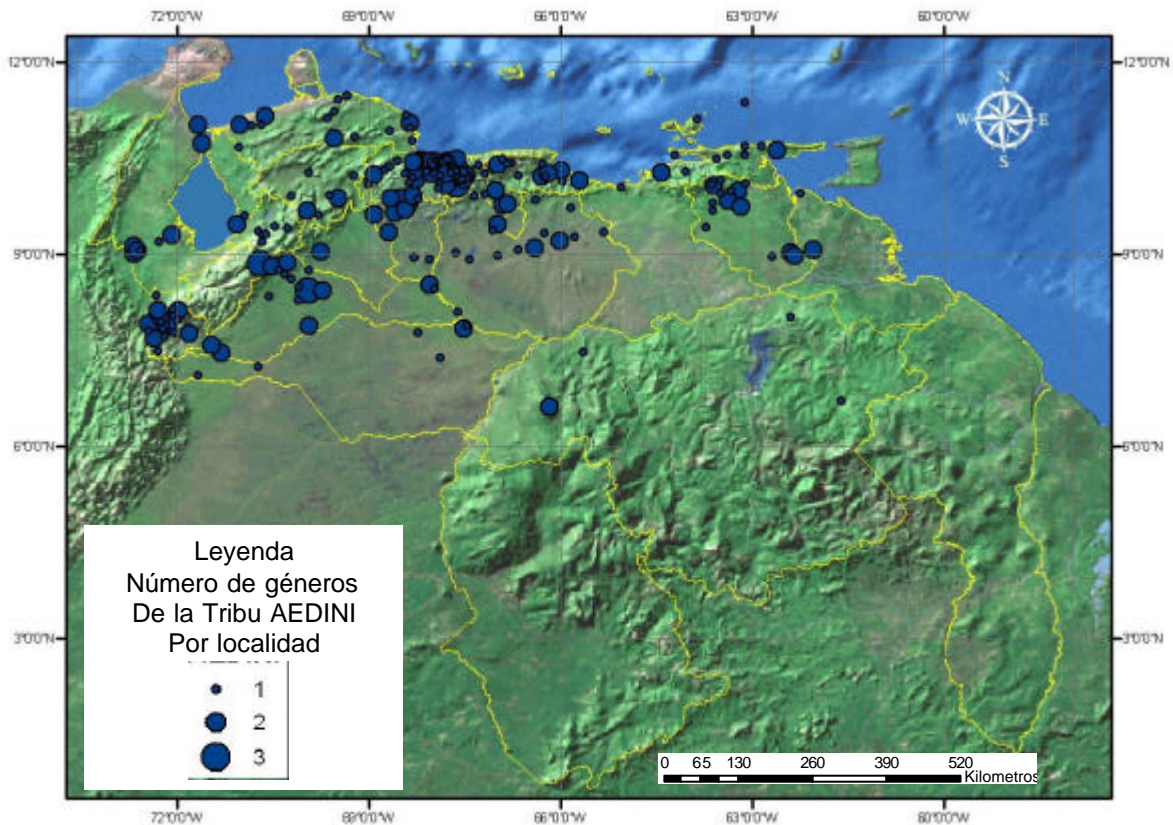
A excepción del subgénero *Kerteszia* cuya correlación con la precipitación es positiva, lo cual puede deberse al tipo de criadero (Bromelias), que están menos expuestas al lavado por la precipitación.

Por otra parte, la altitud es un factor limitante para muchas especies debido a factores asociados como pendiente y temperatura: una mayor pendiente limita la creación y estabilidad de criaderos en el suelo, mientras que igualmente debería suceder con temperaturas más bajas en localidades de mayor altitud. Con las otras variables analizadas, como Vegetación y Temperatura, no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas y esto probablemente se deba a que el análisis usado predice los valores de presencia/ausencia de la variable dependiente y esa predicción será mejor mientras mayor sea la cantidad de datos observados, por lo tanto si se tiene poca cantidad de datos de presencia como en algunos casos de los grupos usados en este trabajo, estos no serán predichos por el modelo; a pesar de que se conozca una posible relación con alguna variable en particular.

## MAPAS DE DISTRIBUCIÓN POR CATEGORIAS TAXONÓMICAS

A continuación se muestran mapas de distribución de algunas taxa, se hace énfasis en estos por su particular distribución y su importancia a nivel de salud pública.

### TRIBU AEDINI

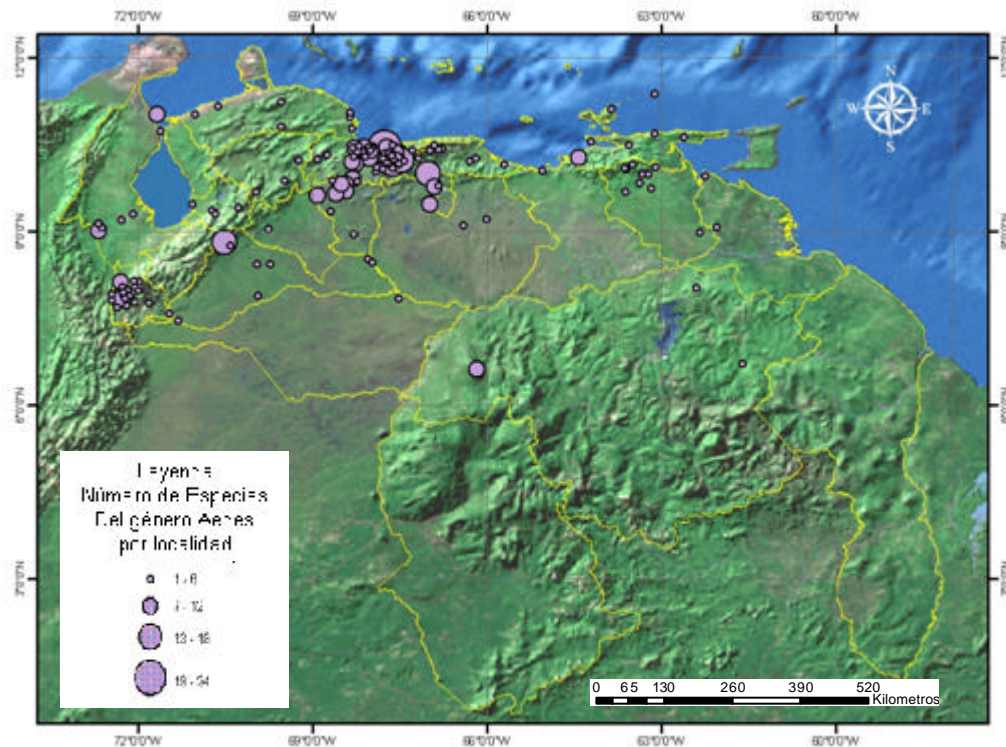


**Figura 5. Distribución de la Tribu AEDINI.**  
Número de géneros por localidad de muestreo.

La Tribu Aedini en el Neotrópico, está compuesta por tres géneros: *Aedes*, *Haemagogus* y *Psorophora*. Se encontró en la mayoría de las localidades muestreadas, mayoritariamente hacia la zona Norte del país, como se observa en la figura 4. Este patrón de distribución se encuentra fuertemente influenciado por la distribución del género *Aedes* (Figura 5), cuyas características ecológicas le han permitido colonizar diferentes hábitats y aunado a este hecho ha sido uno de los género más estudiados, ya que varias especies son vectoras potenciales de enfermedades que afectan a las poblaciones humanas, y están estrechamente ligadas a asentamientos urbanos, los cuales se concentran mayoritariamente hacia las zona Norte-costera del país. Probablemente por este hecho histórico se observa una mayor cantidad de

registros, a diferencia de los géneros *Haemagogus* y *Psorophora* (Figuras 8 y 9 respectivamente) que a pesar de jugar también un papel importante en la transmisión de enfermedades, se le ha dado menor énfasis en su estudio.

### Género *Aedes*

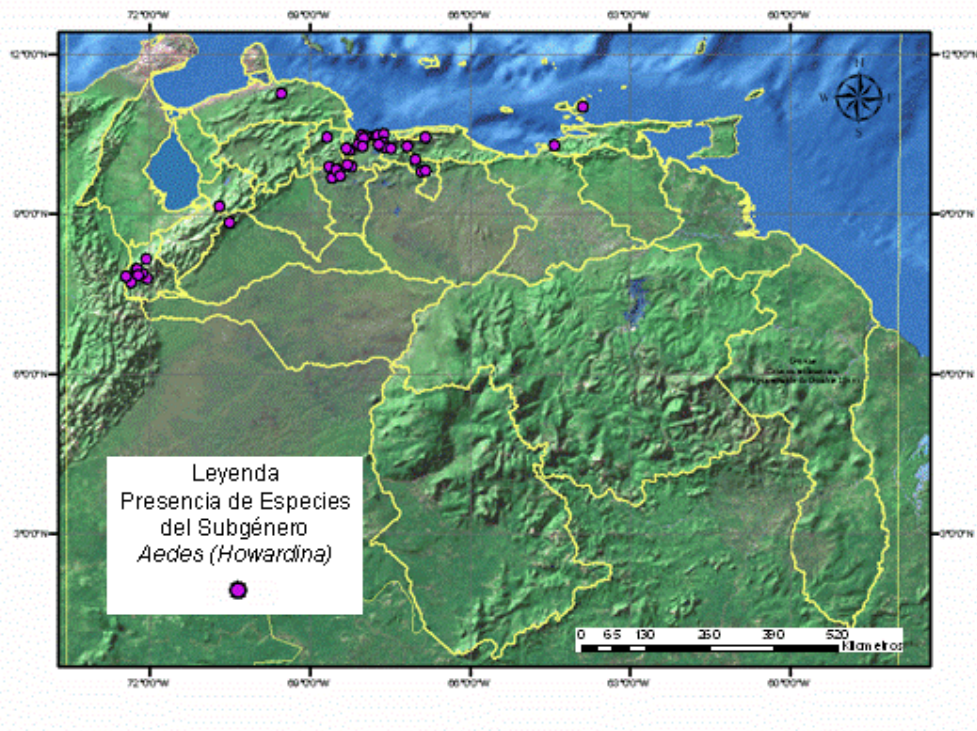
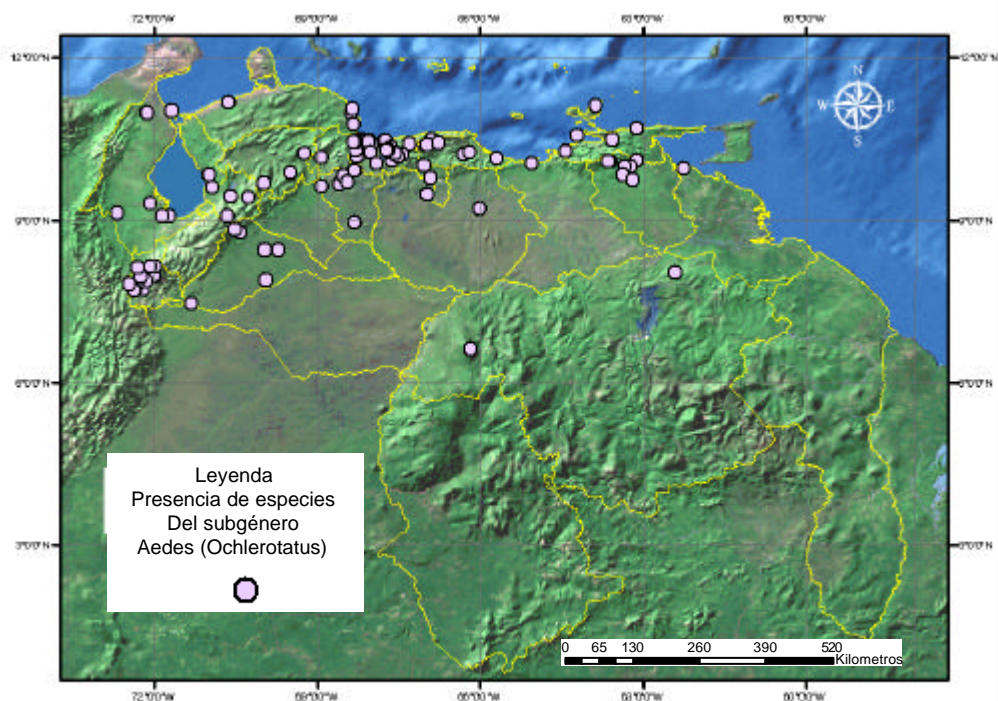


**Figura 6. Distribución del Género *Aedes*.**  
Número de especies por localidad.

El género *Aedes* tiene 24 especies registradas para Venezuela; como se puede observar en la Figura 6 se encuentra distribuido en la mayoría de las localidades de muestreo, sin embargo se percibe una mayor diversidad de especies en la Región Norcentral y hacia la Cordillera Andina, es un género cosmopolita como se señaló anteriormente.

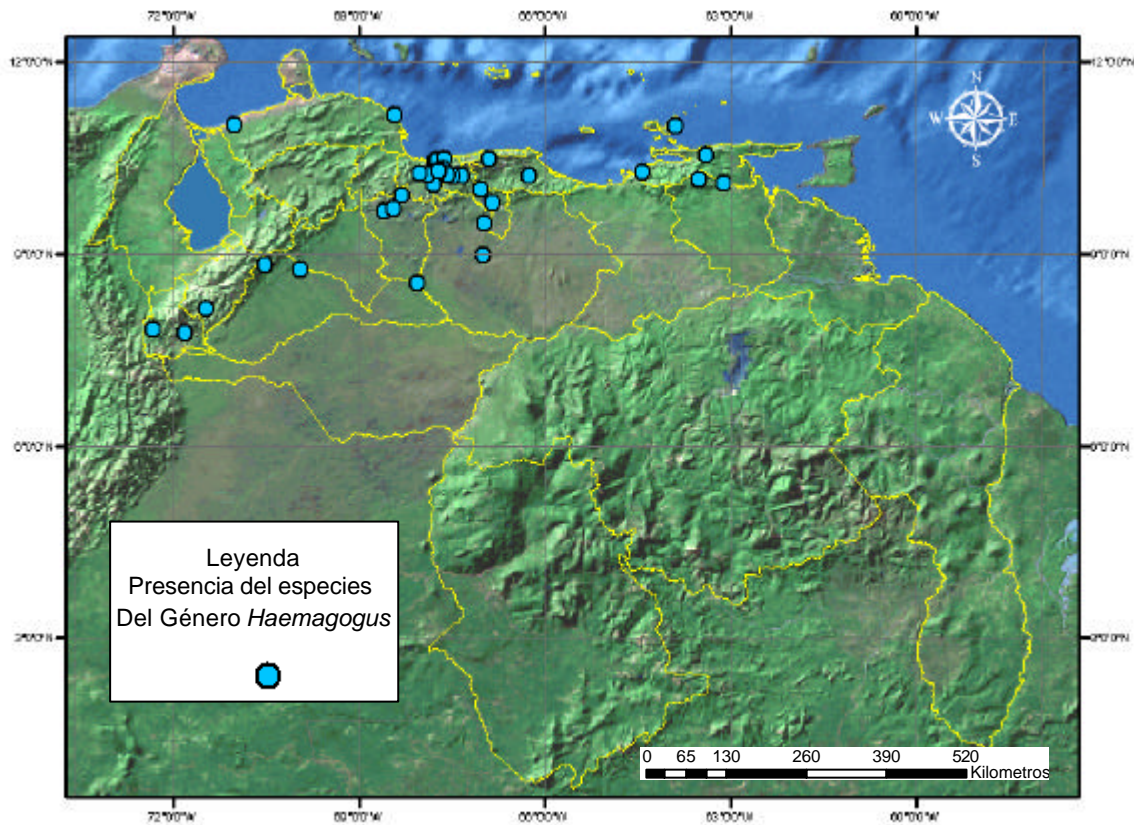
Existen dos subgéneros de *Aedes* con patrones contrastantes: *Howardina* y *Ochlerotatus* el primero aparentemente exclusivo de zonas altas, esto puede deberse a que sus criaderos son esencialmente bromeliáceas de bosques húmedos y nublados; mientras *Ochlerotatus* se observa en zonas bajas, y sus criaderos son charcas, lagunas, etc., básicamente de zonas de baja altitud; esto se aprecia al comparar las figuras 7 y 8



Subgénero *Howardina*Figura 7. Distribución de *Aedes (Howardina)* spp.Subgénero *Ochlerotatus*Figura 8. Distribución de *Aedes (Ochlerotatus)* spp.



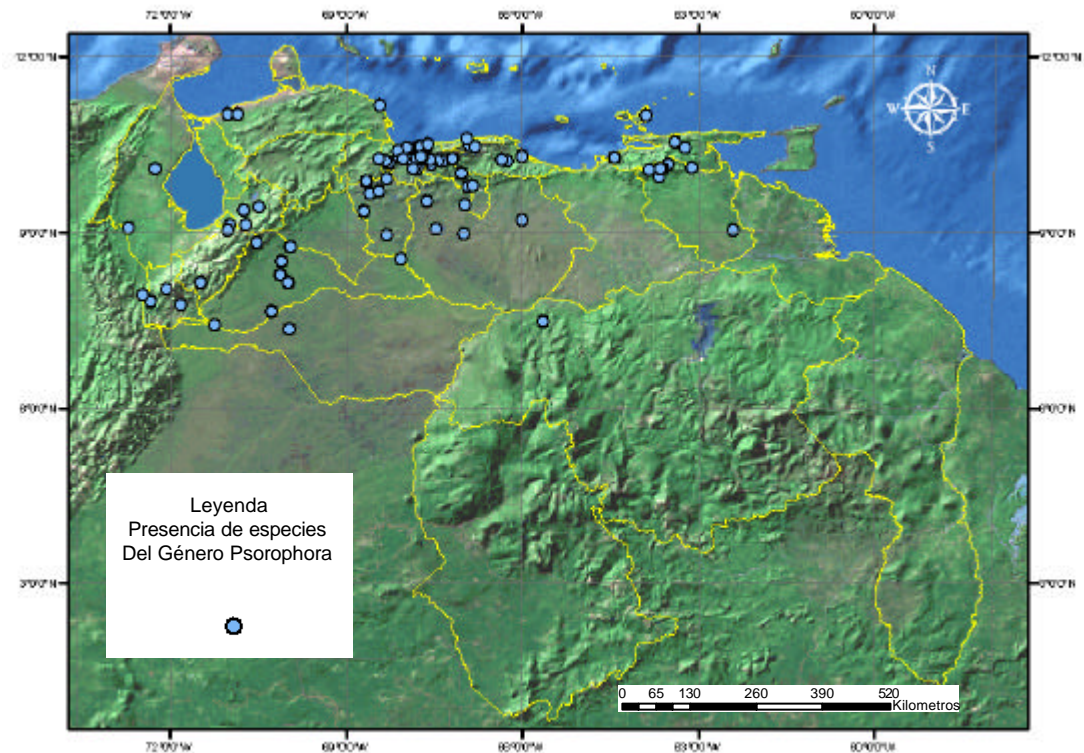
## Género *Haemagogus*



**Figura 9. Distribución del Género *Haemagogus***

El género *Haemagogus*, otro representante de la tribu Aedini, compuesto por 2 subgéneros y 9 especies, se ha registrado en zonas altas y bajas, lo que indica un comportamiento similar al de *Aedes* con la diferencia que criaderos son principalmente huecos de árboles; en bosques de galería, húmedos y nublados especialmente. Siendo por tanto su distribución más restringida que la de *Aedes*.

## Género *Psorophora*



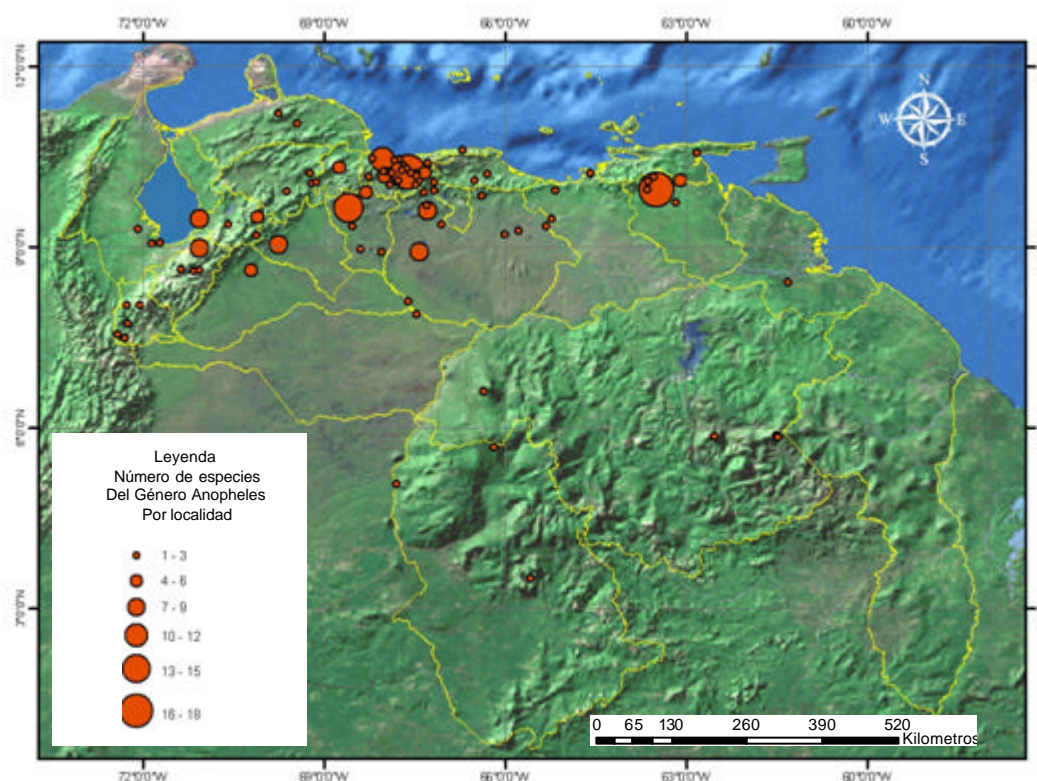
**Figura 10. Distribución del Género *Psorophora***

El género *Psorophora* se encuentra en zonas bajas. (Figura 10), las especies de este género se crían en cuerpos de aguas temporales, como charcas, huellas de animales o surcos de llantas, y cuerpos de agua permanentes como lagunas, entre otros, en zonas de baja altitud; dichas características ecológicas explican el patrón observado.

Según los resultados obtenidos para la tribu Aedini, podemos afirmar que está representada en casi todo el país; estos comportamientos tan disímiles en los distintos géneros y subgéneros que componen la tribu son los que explicarían su amplia distribución.

## TRIBU ANOPHELINI

### Género *Anopheles*



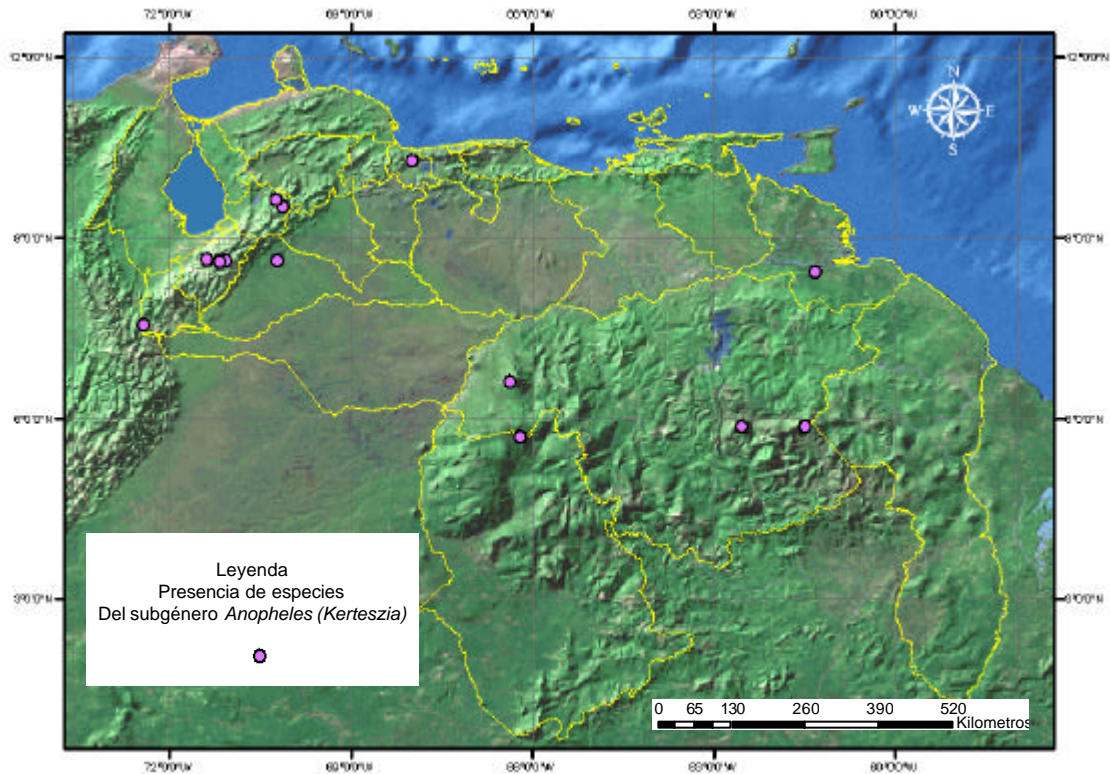
**Figura 11. Distribución del Género *Anopheles***  
Número de especies por localidad

La distribución del género *Anopheles* se puede observar en la Figura 11, notando zonas de mayor diversidad de especies como la región norcentral y hacia el oriente entre los estados Sucre y Monagas. Los anofelinos en Venezuela han sido extensamente estudiados porque un número importante de especies de este género (en particular las pertenecientes al subgénero *Nyssorhynchus* y *Anopheles*) son vectores de Malaria, enfermedad que ha sido enfáticamente investigada.

En este trabajo se muestra especialmente la distribución de los subgéneros *An. (Kerteszia)* spp., por su particular distribución con respecto a los otros subgéneros y ser especies vectoras comprobadas de malaria en Brasil, Trinidad y Colombia, y las de *An. (Anopheles)* spp. y *An. (Nyssorhynchus)* spp., por su importancia en salud pública como ha sido señalado anteriormente.



## Subgénero *Kerteszia*.



**Figura 12. Distribución de *An. (Kerteszia)* spp.**

Las especies de este subgénero han sido colectadas en bromelias de zonas altas, exceptuando las especies *An. (Kerteszia) neivai* y *An. (Kerteszia) bellator* de las cuales hay registros en zonas bajas. Es importante señalar que la especie *An. (Kerteszia) neivai*, tiene como localidad tipo Manoa, Río Orinoco (estado Delta Amacuro) cuya altitud es de 17 m (Guiamaraes 1997), como un caso excepcional de este patrón. Se conoce que este subgénero se cría casi exclusivamente en bromelias (*An. bambusicolus* es la excepción) y en zonas altas básicamente lo cual se observa en la figura 12.

Con respecto a los subgéneros *Nyssorhynchus* y *Anopheles* se observa que ambos presentan un patrón similar y solamente han sido colectados en zonas asociadas a baja altitud. Estos dos subgéneros tienen como criaderos principales cuerpos de agua temporales y permanentes como charcas, lagunas, huecos de árboles y riberas de ríos, en zonas de baja altitud. Los patrones de distribución se pueden observar en las figuras 13 y 14. Especies de estos subgéneros son importantes vectores de Malaria en el país y han sido

muestreados intensamente, por ejemplo: *An. aquasalis*, *An. darlingi*, *An. nuneztovari*.

#### Subgénero *Nyssorhynchus*

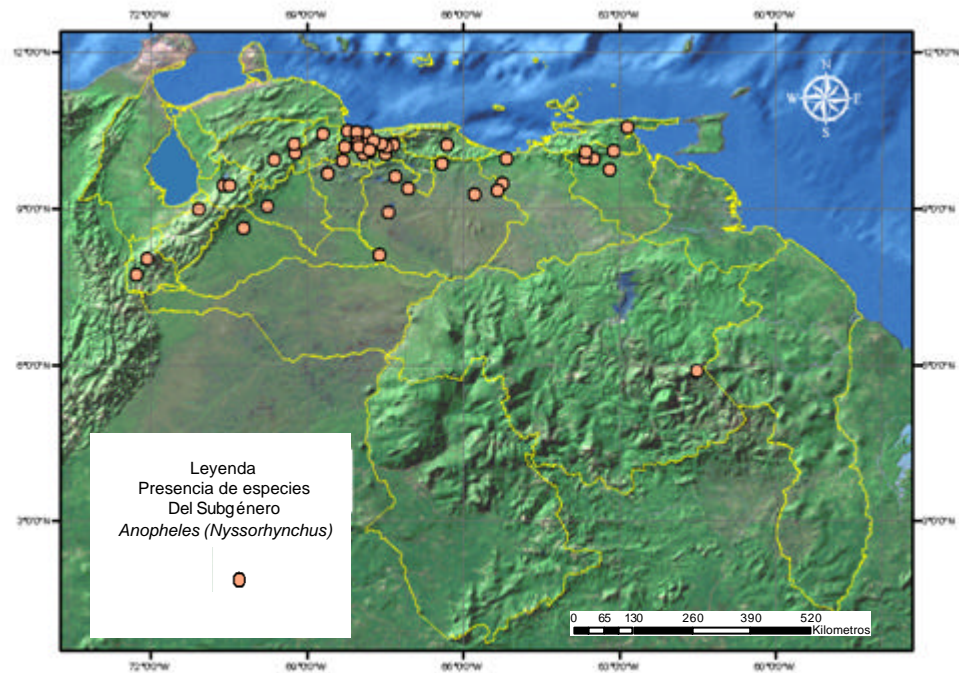


Figura 13. Distribución de *An. (Nyssorhynchus)* spp.

#### Subgénero *Anopheles*

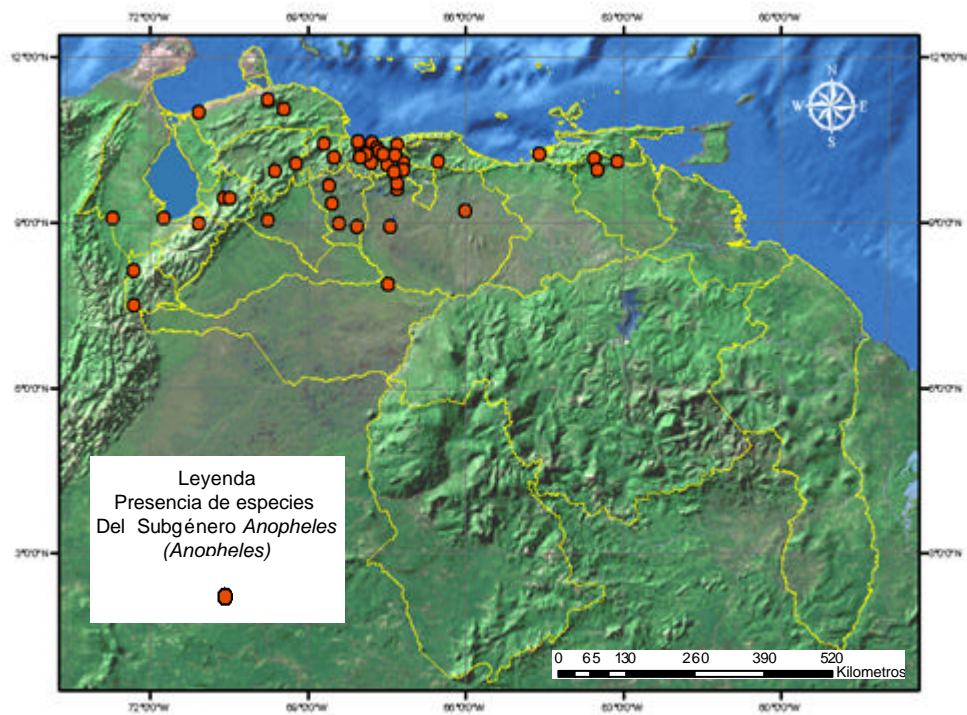
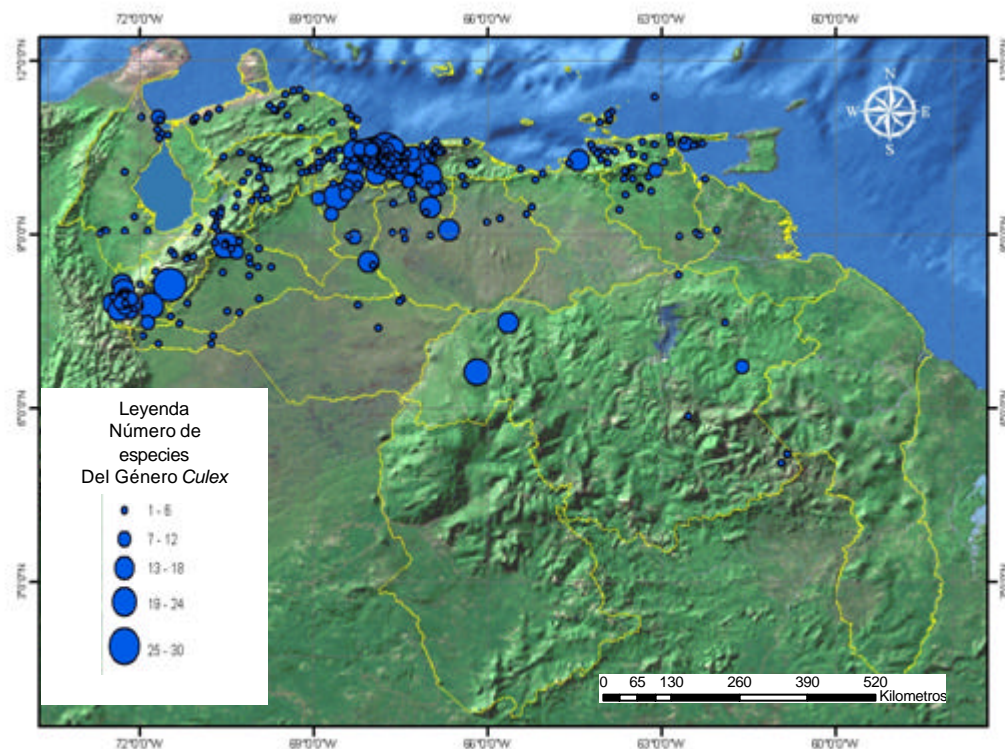


Figura 14. Distribución de *An. (Anopheles)* spp



## TRIBU CULICINI

### Género *Culex*



**Figura 15. Distribución del Género *Culex***  
Número de especies por localidad

De este género se tienen registros de un gran número de especies en Venezuela (100 spp) y se encuentra presente en casi todas las localidades geo-referenciadas para esta investigación. Se puede observar que se distribuye mayoritariamente en el norte del país, tanto en zonas altas como bajas. En este género se detectaron varios puntos de gran diversidad de especies, tales como la Región Norcentral, la Cordillera Andina, la Cordillera Oriental, y algunas localidades del estado Bolívar.

Los criaderos de este género son posiblemente los más variados en la familia, tales como charcas, huecos de troncos, huecos de cangrejos, fitotelmatas, huellas de vehículos o animales, recipientes artificiales, lagos, estanques, cuerpos de agua estacionales y temporales, entre otros; por esta razón detectamos este patrón de distribución y diversidad de especies tan amplio.

Subgénero *Melanoconion*.

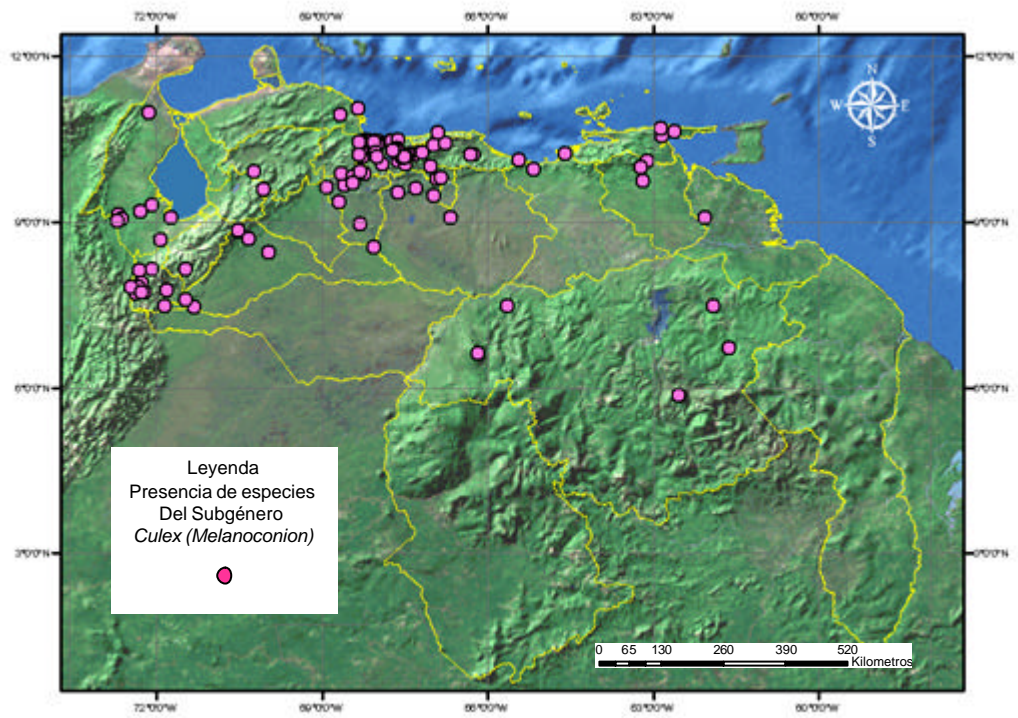


Figura 16. Distribución de *Cx. (Melanoconion) spp.*

Subgénero *Microculex*.

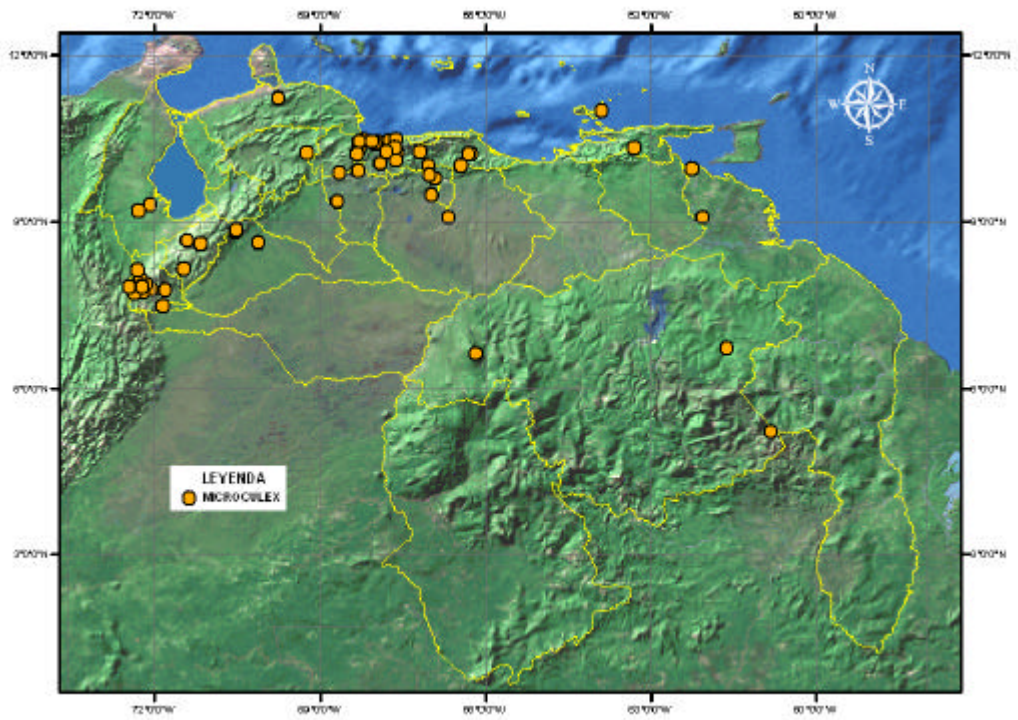


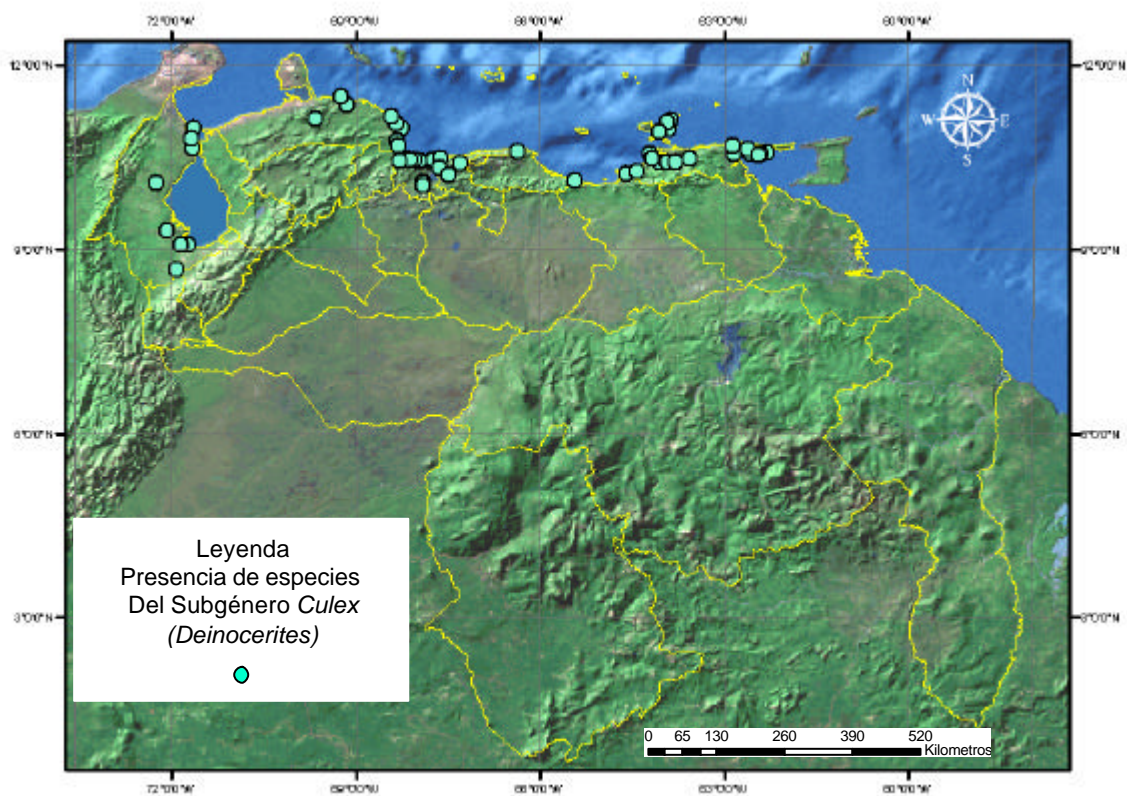
Figura 17. Distribución de *Cx. (Microculex) spp*



Los subgéneros *Melanoconion* y *Microculex* de *Culex* (figs 16 y 17) presentan distribuciones antagónicas. Para el subgénero *Melanoconion*, los registros indican que sólo está presente en zonas bajas, y para el subgénero *Microculex* se detecta exclusividad de presencia en zonas altas. La explicación a este patrón de distribución nuevamente está determinado por el tipo de criadero al cual ambos taxa están asociados.

El subgénero *Melanoconion* está asociado a criaderos en el suelo (charcas, lagunas con vegetación flotante) sin pendiente marcada y principalmente zonas bajas, mientras que *Microculex* está asociado exclusivamente a Bromeliáceas y Aráceas (fitotelmatas), siendo éstas más abundantes en bosques húmedos y nublados.

#### | Subgénero *Deinocerites*



**Figura 18. Distribución de *Cx. (Deinocerites)* spp.**

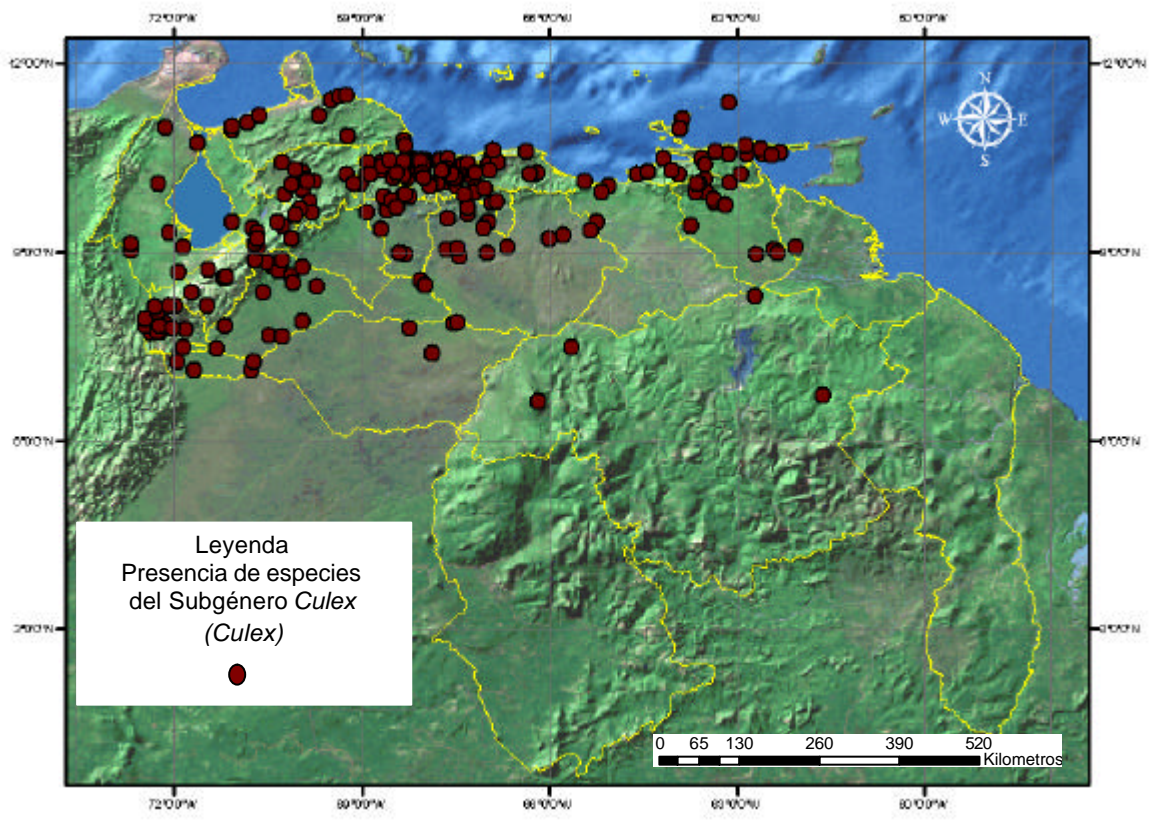
Este subgénero perteneciente a *Culex*, se distribuye hacia la zona costera del país (ver figura 18), siendo este un patrón único dentro de la Familia Culicidae en un nivel jerárquico como subgénero.

Los criaderos de este subgénero son principalmente huecos de cangrejos, cuerpos de agua salobres, es



decir en las zonas costeras, lo que explica este patrón de distribución particular.

### Subgénero *Culex*.



**Figura 19. Distribución de *Cx* (*Culex*) spp.**

Este subgénero es uno de los más diversos (con mayor número de especies) de la Familia y sus especies se desarrollan en diversos hábitats, también se encuentra ampliamente distribuido como se observa en la Figura 19, además especies de este subgénero actúan como vectores potenciales de enfermedades.

## TRIBU MANSONINI

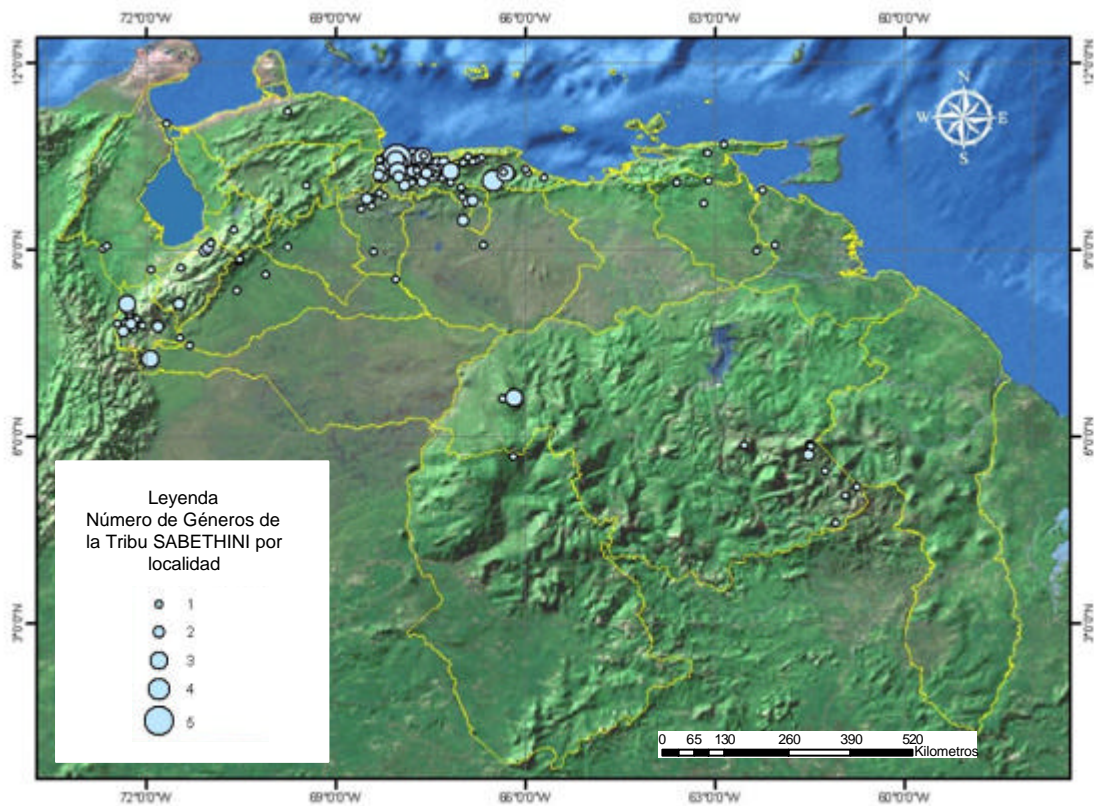


**Figura 20. Distribución de la Tribu MANSONINI**

Número de géneros por localidad

Existen poco registros de esta tribu, sin embargo se puede detectar que su distribución está asociada a zonas bajas; está constituida por los géneros (*Coquilletidea* y *Mansonia*) cuyas características ecológicas son similares, teniendo como principales criaderos lagunas con plantas acuáticas flotantes en donde sus larvas se adhieren a sus raíces y por medio de un sifón respiratorio toma oxígeno de las referidas raíces, se encuentran generalmente en áreas abiertas; razón por la cual presenta este patrón señalado en la figura 20.

## TRIBU SABETHINI

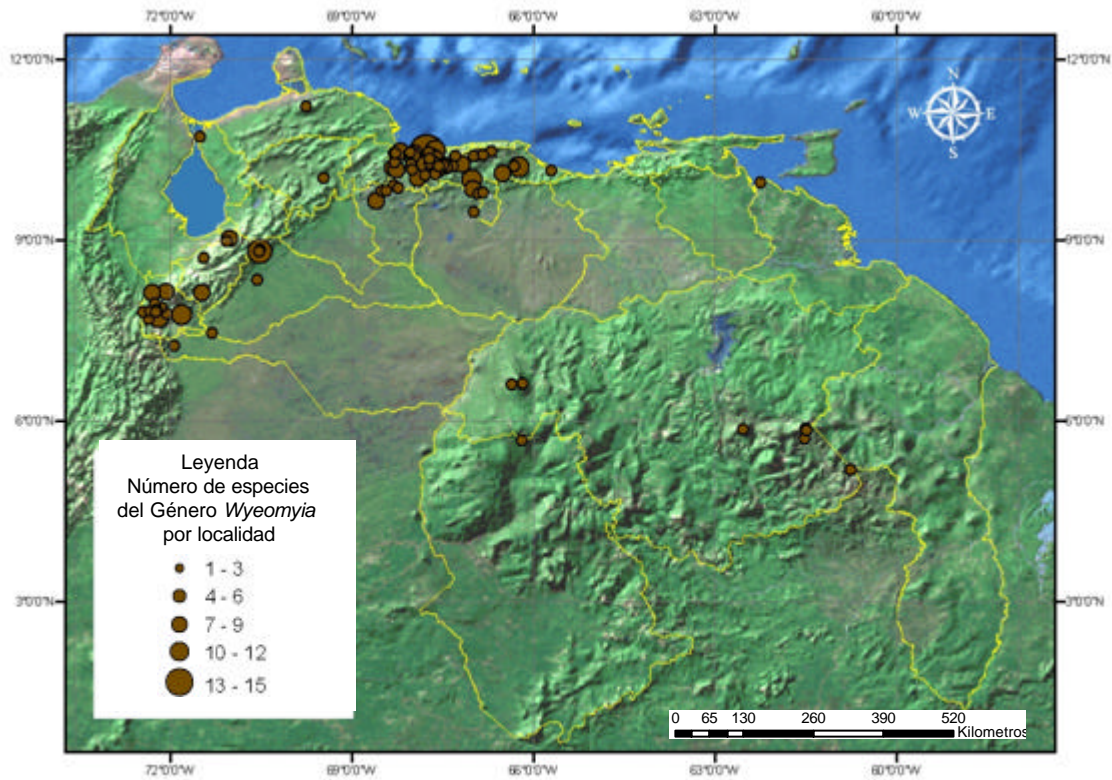


**Figura 21. Distribución de la Tribu SABETHINI**  
Número de géneros por localidad

Los géneros reportados en Venezuela que pertenecen a esta tribu son *Isostomyia*, *Runchomyia*, *Johnbelkinia*, *Limatus*, *Sabethes*, *Wyeomyia*, *Trichoprosopon* y *Onirion*, los criaderos de estos son principalmente fitotelmatas (Bromeliáceas, Heliconias, huecos de árboles, espatas de palmas, y bambusales); por lo que la presencia de estos está fuertemente ligada a regiones donde existen estos criaderos, básicamente en zonas altas, a excepción de *Limatus* cuyos criaderos son esencialmente cuerpos de agua en el suelo, hojas caídas y algunos cuerpos de agua artificiales como baldes y/o floreros. Al igual que lo observado para la tribu Aedini, existen dos zonas con mayor diversidad de géneros, las cuales son: la Cordillera Andina, y la región Norcentral del país.



## Género *Wyeomyia*



**Figura 22. Distribución del Género *Wyeomyia*.**

Número de especies por localidad

Este género es uno de los más representativos de la tribu Sabethini, debido a su alta diversidad (41 spp). Los criaderos están asociados a fitotelmatas, ha sido colectado con mayor intensidad en áreas montañosas como se demuestra en la figura 22. Las zonas donde existe mayor diversidad de especies son la Cordillera Andina y la Cordillera Central. Hay registros de algunas especies de este género hacia los estados Amazonas y Bolívar, específicamente en Pantepui.

## ÁREAS DE ENDEMISMO

### RESULTADOS NDM

Suponiendo que la distribución de un taxón es producto de factores históricos y actuales; si diferentes taxa responden de igual manera a esos factores debería haber concordancia en los patrones de distribución de dichos taxa. En esta investigación se usaron tres tamaños de cuadrículas para evaluar los patrones de distribución en base al concepto de áreas de endemismo.

VNDM permite hacer un relleno especial en el caso de aquellas especies que se encuentran cerca del límite de una celda. Debe especificarse el radio de relleno que va de 0 a 100 (el default es 0) y el tipo de relleno. (presencia observada o presencia asumida)

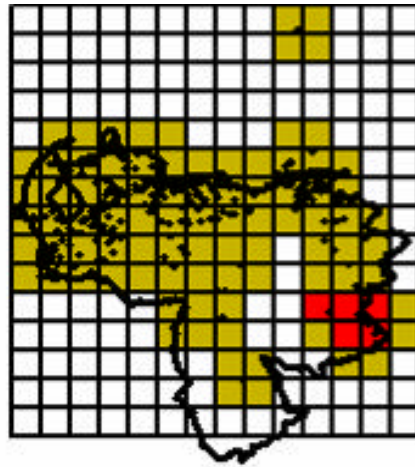
El peso para **presencia observada** depende la posición del punto siempre y cuando la especie se encuentre dentro o en los límites de la celda. Las especies que se encuentran en el límite de dos celdas se consideran que tienen presencia observada para ambas celdas; lo mismo vale para los vértices, en ese caso las cuatro celdas tendrán presencia observada.

En el caso de que se considere probable la presencia de una especie en una celda se asigna un valor de peso menor que el de la presencia observada y se denomina **presencia asumida**.

Las celdas de color rojo son las señaladas como áreas de endemismo mientras que las celdas de color amarillo señala áreas donde existen especies tanto asumidas como observadas pero que no representan un área de endemismo.

### Tamaño de cuadrícula 1° x 1°

En la figura 22, se observa el resultado obtenido usando el tamaño de cuadrícula 1° x 1°



**Figura 22. Área endémica arrojada por el análisis de endemismo usando el programa NDM, y tamaño de cuadrícula 1° x 1°**

Se puede notar que existe un área de endemismo al sur del estado Bolívar, las especies que determinan esta área, es decir, que presentan concordancia en sus patrones de distribución son: *Anopheles auyantepuiensis*, *Runchomyia frontosa* y *Wyeomyia fishi*. Este análisis arrojó un total de 81 áreas de endemismo, sin embargo no se presentan pues contenían una sobreestimación de especies “endémicas” o que definían un área como el caso de *Aedes aegypti* para la región norcentral.

**Tamaño de cuadrícula 0,5° \* 0,5°**

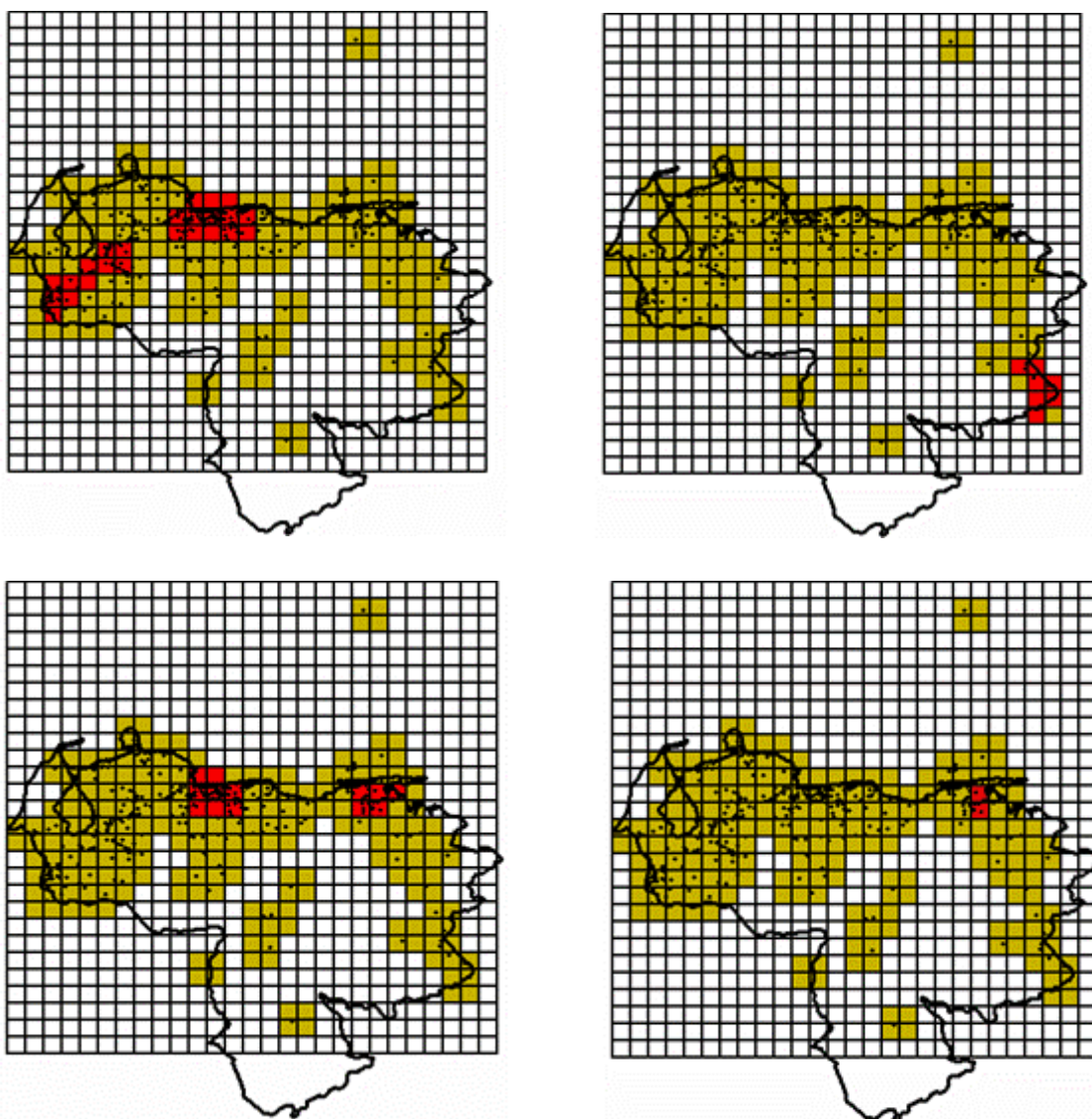


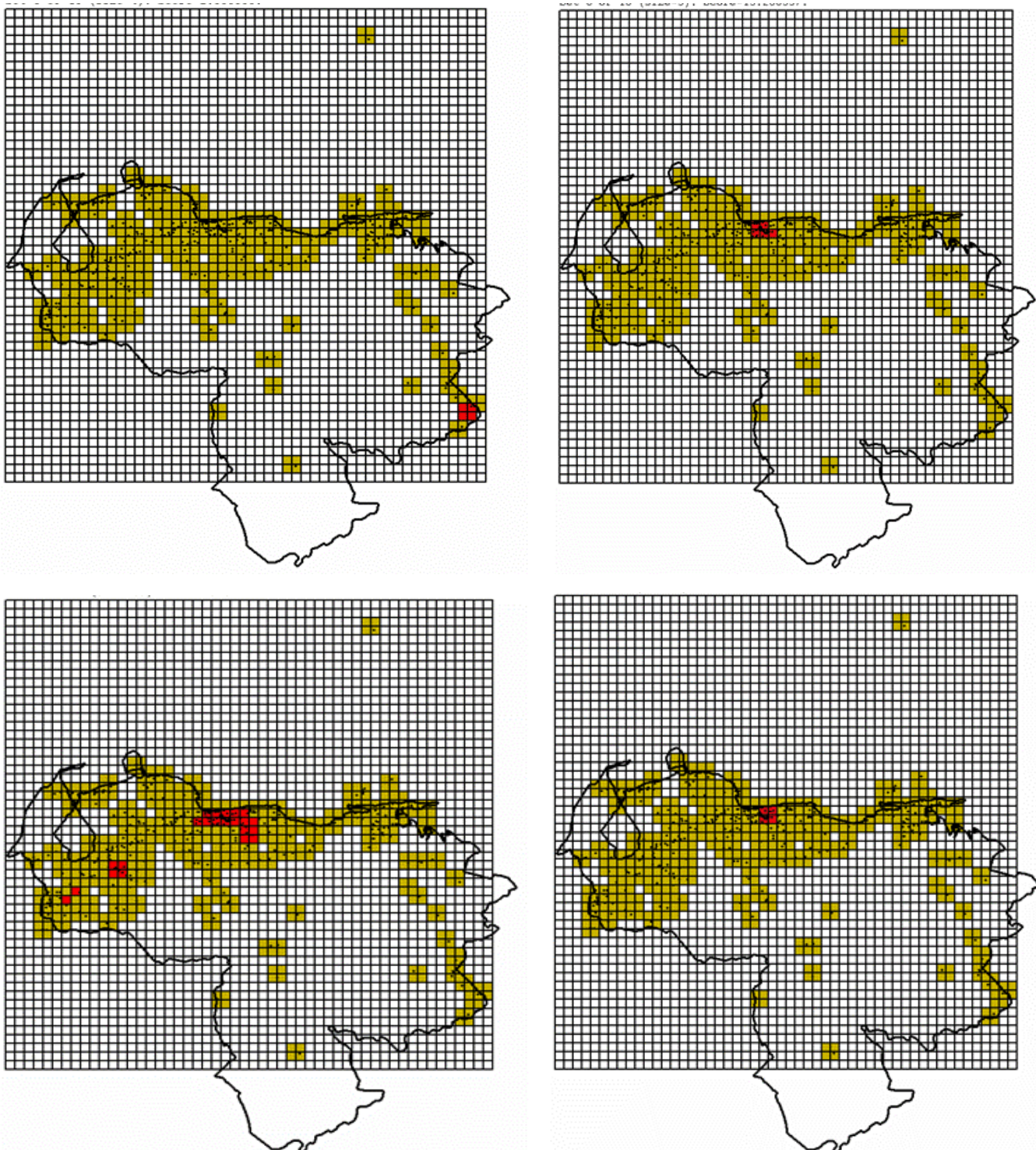
Figura 23. Áreas endémicas obtenidas a partir del NDM usando un tamaño de cuadrícula 0,5° \* 0,5°

En la figura 23 se presentan sólo 4 áreas consensos de las 45 resultantes, ya que dichas áreas fueron similares. Se observan de manera general cuatro áreas principales, el análisis arroja un área al sur del estado Bolívar delimitada por *Sabethes paraitepuyensis*, *Runchomyia frontosa* y *Wyeomyia fishi*, un área en el oriente del país, entre los estados Sucre y Monagas y las especies que representan endemismos son: *Anopheles guarao*, *Anopheles thomasi*, *Culex creole*, *Culex pifanoi*, *Anopheles nimbus*, *Culex amitis* y *Culex ernsti*; un área en los estados Aragua y Carabobo principalmente, delimitada por las especies: *Culex idottus*, *Culex nigrescens*, *Culex ferreri*, *Culex hedys*, *Culex stonei*, *Culex cancer*, *Culex suarezi*,

*Culex elephas*, *Trichoprosopon evansae*, *Trichoprosopon pallidiventer*, *Trichoprosopon compressum*, *Wyeomyia celanocephala*, *Wyeomyia pertinans*, *Wyeomyia melanocephala*, *Wyeomyia guasapata*, *Wyeomyia simmsi*, *Wyeomyia trinidadensis*, *Wyeomyia confusus*, *Limatus asulleptus*, *Sabethes aurescens*, *Sabethes conditus*, *Aedes euplocampus*, *Aedes podographicus* y *Aedes insolitus*, y por último un área en la Cordillera de los Andes cuyas especies son: *Anopheles gonzalezrinconesi*, *Anopheles rollai*, *Wyeomyia lopezii*, *Wyeomyia carrilloi*, *Wyeomyia covagarciai*, *Wyeomyia fernandezyepezi*, *Culex pulidoi* y *Wyeomyia bicornis*.



**Tamaño de cuadrículas de 0.25° x 0.25°.**



**Figura 24. Resultados obtenidos con el NDM, usando cuadrículas de 0.25° x 0.25°.**

En este análisis se usó un tamaño de cuadrícula de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , en la figura 24 se aprecian cuatro de las diez áreas obtenidas. Siendo estas coincidentes con las obtenidas con tamaño de cuadrícula  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , aunque el número de especies que definen las áreas es menor.

Las principales especies que delimitan estas áreas son: para la Cordillera Oriental: *Culex amitis*, *Sabethes chloropterus* y *Culex flabelli*, el área sur del estado Bolívar: *Sabethes paraitepuyensis* y *Runchomyia frontosa*, y la región norcentral: *Wyeomyia jocosa*, *Wyeomyia gaudians*, *Haemagogus nebulosus*, *Limatus asulleptus*, *Trichoprosopon pallidiventer*, *Aedes berlini*, *Aedes podographicus*, *Culex dureti*, *Culex stonei*, *Wyeomyia caracula*, *Wyeomyia melanopus*, *Wyeomyia trinidadensis*, *Culex amazonensis*, *Limatus flavisetosus*, *Trichoprosopon evansae*, *Anopheles evansae*.

Con los tres análisis realizados se obtuvieron las mismas áreas de endemismo, sin embargo la cantidad de especies aumenta con el tamaño de cuadrícula, ya que este determina el área muestreada; es decir a mayor tamaño de cuadrícula el área muestreada es mayor.

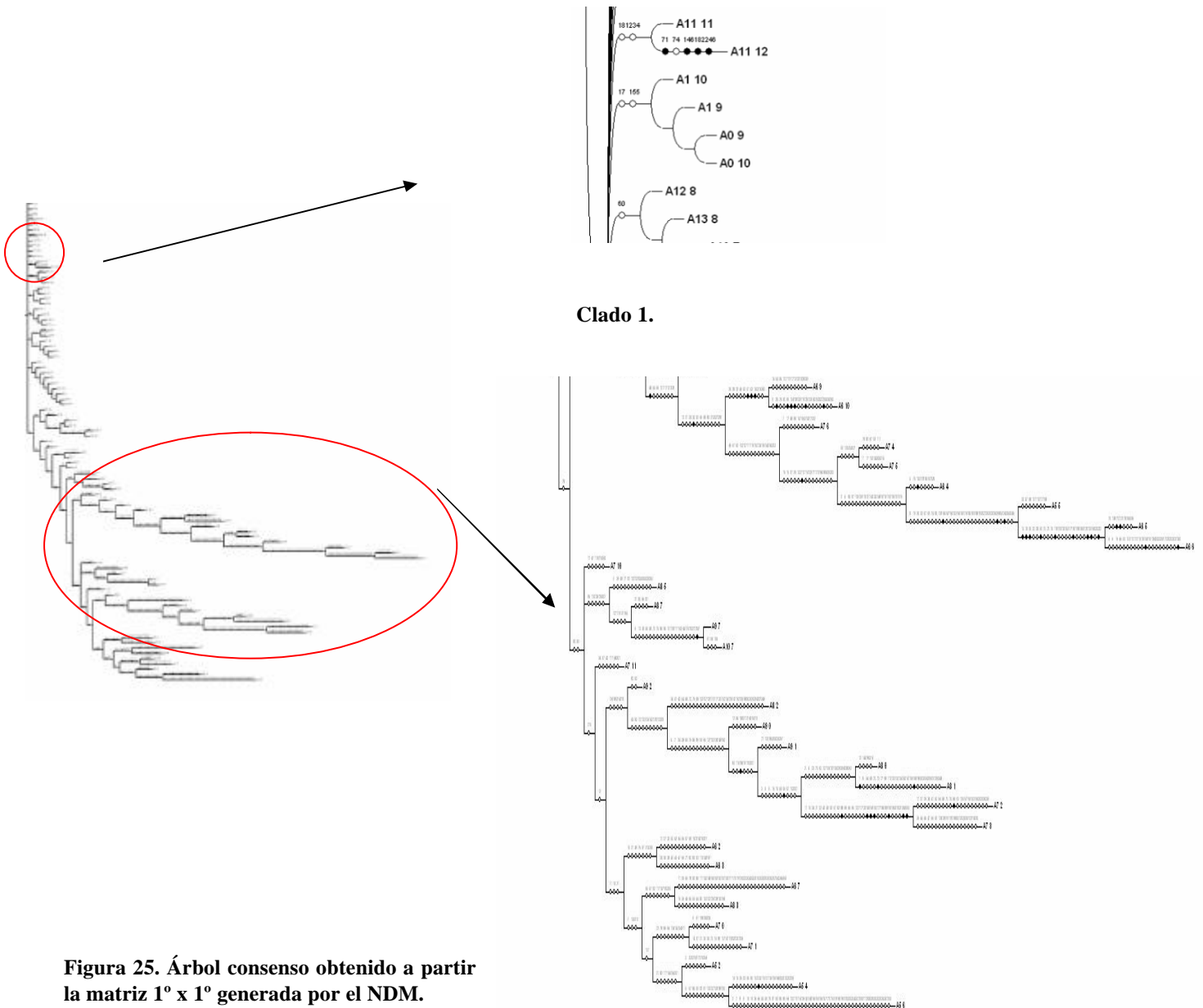
Se consideran como áreas endémicas cuando existen dos o más especies que comparten las mismas cuadrículas, por lo tanto cuando el tamaño de cuadrícula es mayor aumentan las probabilidades de que esta condición se cumpla. Hay que tomar en cuenta que al usar un tamaño de cuadrícula mayor se pueden sobreestimar dichas áreas, como el caso de un área arrojada por el análisis de  $1^\circ \times 1^\circ$ , que abarcaba gran cantidad de cuadrículas e incluía especies como *Aedes aegypti*, *Culex quinquesfasciatus*, *Culex coronator*, entre otras, de las cuales se sabe que se encuentran presentes en casi todo el país y no son especies endémicas, por otra parte al usar los tamaños de cuadrículas menores ( $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  y  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ) se excluían áreas como es el caso del área sur del estado Bolívar que incluye las especies *Anopheles auyantepuiensis* y *Wyeomyia zinzala* que se observaban sólo con el tamaño de cuadrícula  $1^\circ \times 1^\circ$  y que además ha sido reseñada por otros autores, con las mismas especies determinantes.

El conocimiento previo del grupo es una de las herramientas que permitiría establecer cuál sería el mejor tamaño de cuadrícula a usar, la homogeneidad de la data, en cuanto al esfuerzo de muestreo, además del número de especies y la escala de trabajo. Ya que no existe un número óptimo de tamaño de

cuadrícula, pues este depende de los parámetros antes mencionados, lo ideal es probar con diferentes tamaños de celdas y observar cual se adapta mejor a los datos a evaluar.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS PARSIMONIOSO DE ENDEMICIDAD (PAE)

Adicionalmente se realizaron análisis parsimoniosos de endemividad, a partir de cada matriz de presencia/ ausencia generada por el NDM, para observar si las áreas eran iguales o similares a las arrojadas por el NDM y comparar los resultados de ambos análisis de endemismo.



**Figura 25. Árbol consenso obtenido a partir la matriz 1° x 1° generada por el NDM.**

En el Clado 1, se pueden observar dos caracteres homoplásicos que son: 181 y 234 (*Wyeomyia fishi* y *Runchomyia frontosa* respectivamente) y una apomorfía, carácter 33 (*Anopheles auyantepuiensis*) presente en una cuadrícula.

Clado 2. Los grandes grupos de este clado están definidos por homoplasias, este carácter es el número 22 la especie (*Aedes aegypti*) y luego otro clado más externo por el carácter 78 (*Culex coronator*) homoplasia y por el carácter 85 (*Culex maracayensis*).

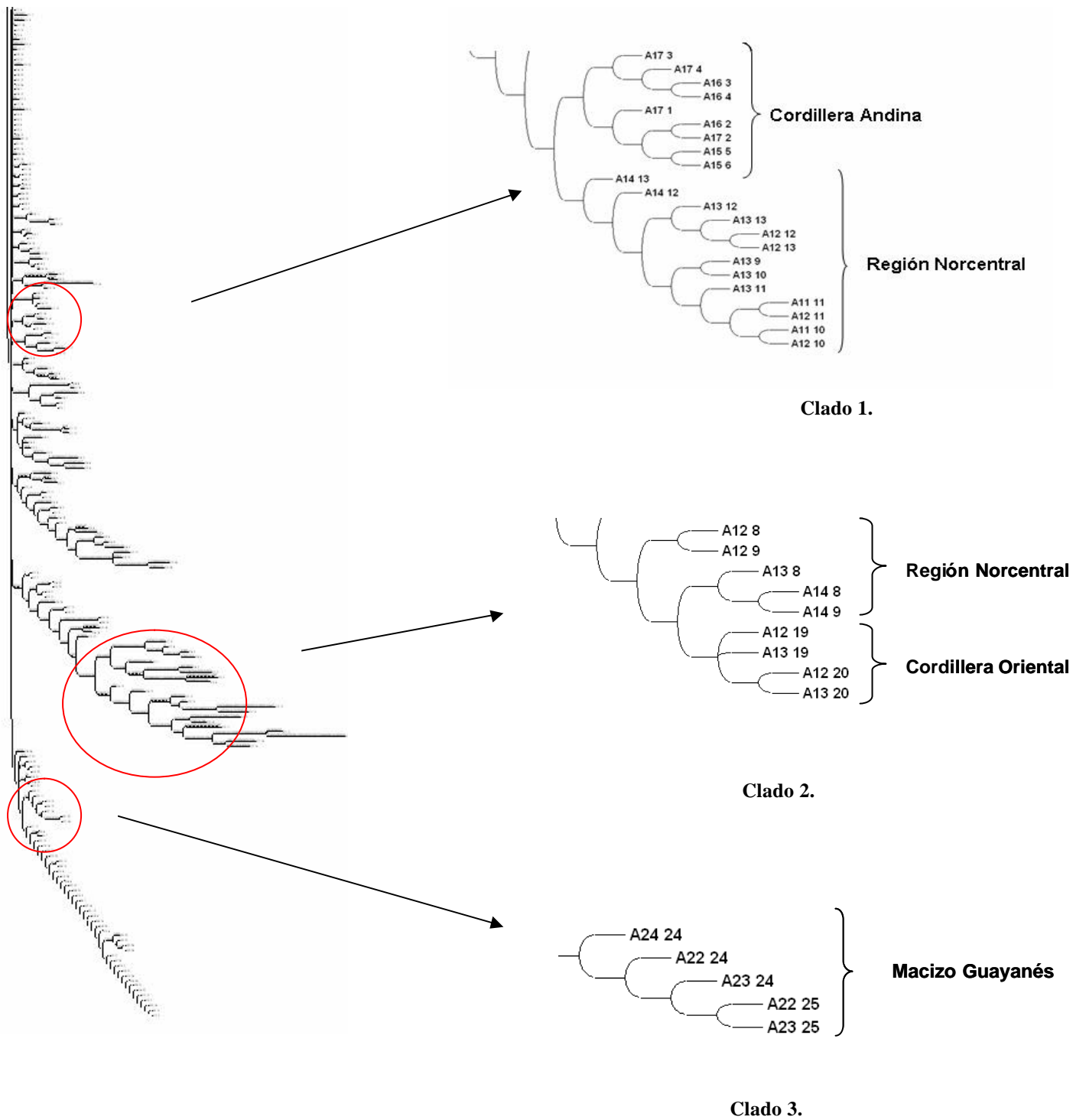


Figura 26. Árbol consenso obtenido a partir la matriz de 0.5° x 0.5° generada por el NDM

En este árbol se observan varios clados que corresponden a las áreas obtenidas por el NDM, un clado definido por una homoplasia, carácter 181 (*Wyeomyia fishi*) y cuyos terminales corresponden a las mismas cuadrículas señaladas por el NDM para el sur del estado Bolívar, el área de la cordillera andina en un clado cuyas especies son *Wyeomyia bicornis* carácter 150 y *Wyeomyia fernandezyepezi*, carácter 160 y la región norcentral un clado definido por los caracteres homoplásicos 105 *Culex dunnii*, 91 *Culex quinquefasciatus*, 22 *Aedes aegypti*, 239 *Limatus duharmii*, 85 *Culex maracayensis*, 94 *Culex usquatissimus*.

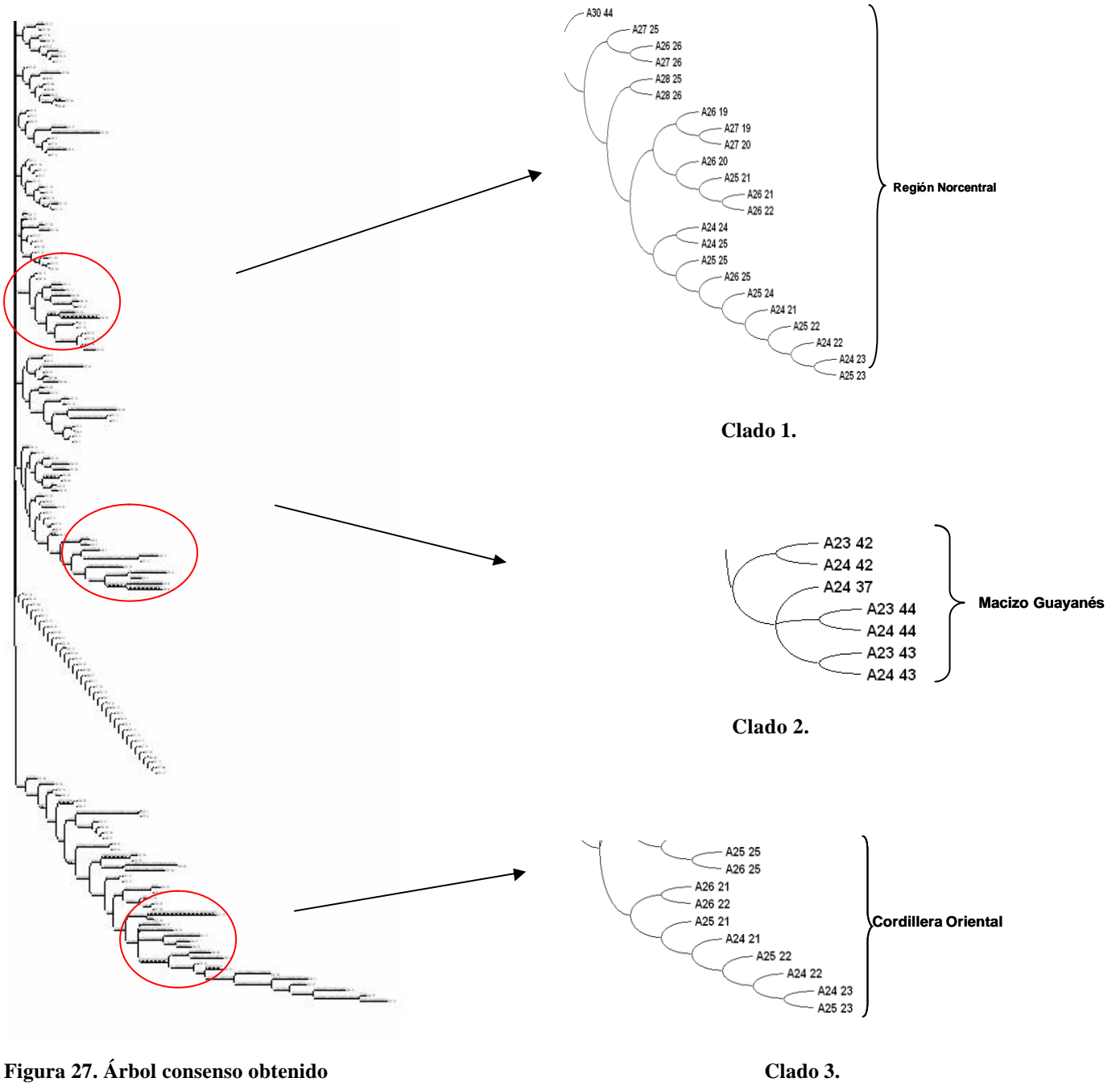


Figura 27. Árbol consenso obtenido a partir la matriz de 0.25° x 0.25° generada por el NDM



En la figura 27 se observa el árbol consenso del análisis realizado con la matriz generada por el NDM de tamaño de cuadrícula  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ , se pueden diferenciar tres clados que corresponden a tres de las cuatro áreas ya señaladas anteriormente: clado 2 que incluye el sur del estado Bolívar con los caracteres apomórficos 234, 146 y 182 que corresponden a las especies *Runchomyia frontosa*, *Culex kukenan* y *Wyeomyia zinzala*, respectivamente; el clado 1, que se relaciona con la región norcentral del país, con las especies 170 *Wyeomyia caracula*, 172 *Wyeomyia gaudians*, 53 *Anopheles evansae*, 18 *Aedes berlini*, 238 *Limatus asulleptus*, coincidiendo con los análisis anteriores y cuyas cuadrículas concuerdan con lo obtenido por el análisis de NDM para el tamaño de celda de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ , y finalmente, el clado 3, que relacionamos con la cordillera oriental y cuyas especies apomórficas son: 99 *Culex amitis*, 26 *Anopheles guarao*, 104 *Culex creole*, 108 *Culex ernsti*, 221 *Sabethes chloropterus*.

Este análisis agrupa cuadrículas con taxa compartidas de forma análoga a caracteres según las soluciones más parsimoniosas, en los cuales los nodos de clados representan conexiones históricas de la fauna entre áreas hermanas, las sinapomorfías (caracteres derivados compartidos) representan aquellas áreas monofiléticas que definen grupos o áreas históricamente relacionadas y las autopomorfías características especiales y se pueden denominar áreas endémicas (en nuestro caso cuadrículas endémicas), el conjunto de las cuadrículas endémicas pueden definir un área.

Para las distintos tamaños de cuadrículas, los resultados de PAE coinciden con los resultados del análisis de NDM, sin embargo, el método basado en parsimonia incluye áreas con especies homoplásicas, es decir que se encuentran en otros clados de la hipótesis biogeográfica, lo que indica posible conexión ancestral de estas áreas en nuestro caso (cuadrículas), haciendo difícil las interpretaciones sobre los patrones de distribución y posibles áreas de endemismo.

Se realizó un consenso con todas las áreas arrojadas por los análisis realizados tanto los de AE como los PAE y se concluyó que existen cuatro áreas de endemismo para mosquitos en Venezuela, las cuales denominamos: 1) Región Norcentral que abarca los estados Aragua y Carabobo principalmente, 2) Cordillera Andina, entre los estados Táchira y Mérida. 3) Cordillera Oriental, entre los estados Monagas y Sucre y 4) Macizo Guayanés, hacía en el Sur del estado Bolívar en la formación de tepuyes; es pertinente señalar que el área Macizo Guayanés puede ser más amplia, como se señala en la figura 28, Área 5, el análisis con tamaño de cuadrícula de  $1^{\circ} * 1^{\circ}$  “arroja” un área que incluye a las especies *Anopheles (Kerteszia) auyantepuiensis* y *Wyeomyia (Zinzala) fishi*, estas especies también están presentes en el área endémica del Macizo Guayanés reseñada por Navarro *et al* (2007), como una zona endémica de data ancestral para mosquitos en Venezuela.

Anteriormente, se han propuesto áreas biogeográficas para Venezuela, con diversos grupos animales. Darlington propuso superponer estrictamente áreas geográficas y distribuciones de animales lo que es conocido como zoogeografía; Racenis, 1965 propuso áreas usando tetrápodos, Roze (1966) con reptiles; Mago-Leccia (1970, 1978) propusieron áreas usando peces; Eisenberg y Redford (1979) y Linares (1998) con mamíferos; Rudran y Eisengberg (1982) y Bodini y Pérez-Hernández (1985) trabajaron con monos; Pérez-Hernández (1989) con Marsupiales: Didelphidae; Marrón y Fernández-Yépez (1985) (Insecta: Lepidóptera) y Lazo *et al.* (1989) (peces). Estos autores propusieron sus propias áreas biogeográficas que usan nombres diferentes basados en endemismos, pero ellos no usaron ningún método explícito biogeográfico (cladística, panbiogeografía, etc.) para deducir estas clasificaciones, Citados en Navarro *et al.*, (2007).

La mayor parte de nuestros clados y regiones biogeográficas concordaron con las áreas propuestas por Morrone (2006) basadas en varios taxa entomológicos en América Latina e islas caribeñas que usan panbiogeografía y análisis cladísticos, y las propuesta por Navarro *et al.* (2007) basado en métodos cladísticos, usando asociaciones entre estadios inmaduros de mosquitos y hábitats acuáticos como las fitotelmatas en Parques Nacionales de Venezuela.

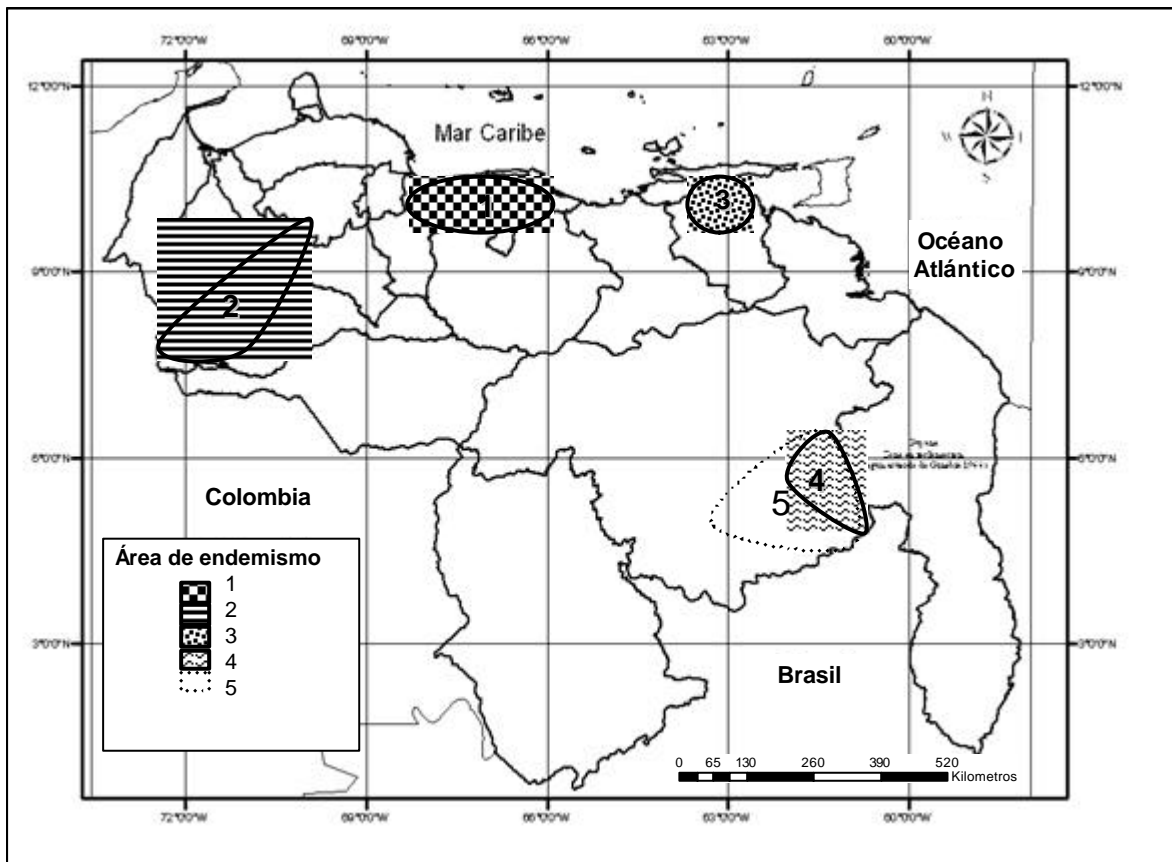


Figura 28. Mapa donde se muestra el consenso de las áreas de endemismo obtenidas para mosquitos en Venezuela.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.

- Los registros de la Familia Culicidae se distribuyen esencialmente hacia la zona Norte del país, con algunos reportes hacía el Sur del país (estados Amazonas y Bolívar).
- Este patrón general debe estar influenciado en gran parte por el muestreo, ya que la mayoría de localidades referenciadas están hacia el Norte del país, específicamente la región Norcentral, área de mayor población humana, de mayor actividad por las instituciones tradicionales de control de vectores, y de concentración de mayores y mejores vías de comunicación, como es el caso de cierta concordancia entre los puntos de muestreo y las principales vías de la carretera nacional.
- Se recomienda estandarizar la información final que será registrada en las fichas de colecciones, e incluso en las planillas de campo, y las cuales deberían contener, fecha, nombre de la localidad, coordenadas geográficas, altitud, descripción del ambiente en general, tipo de criadero, en caso de coleccionar estadios juveniles, descripción de dicho criadero, temperatura; como datos constantes, adicionalmente se pueden incluir otros datos, fotos, etc., a conveniencia del investigador, esta información facilitaría este tipo de estudio, para mosquitos e incluso para otras taxa.
- Se observaron patrones de distribución particulares para Subgéneros: como *An (Kerteszia)* y *Cx (Deinocerites)*. Estos patrones exclusivos están estrechamente relacionados al tipo de criadero de las fases inmaduras de estos taxa.
- La variable más correlacionada con la presencia de los mosquitos es la precipitación, principalmente a nivel de subgénero, se observa una correlación inversamente proporcional con la precipitación, esto puede deberse a que la mayoría de los datos compilados son de estadios inmaduros, cuyos criaderos pueden ser lavados en épocas de lluvia y disminuir la presencia de estos.
- Por otra parte, la altitud parece ser un factor limitante para muchas especies debido a factores asociados como pendiente y temperatura: una mayor pendiente limita la creación y estabilidad de criaderos en el suelo, mientras que igualmente debería suceder con temperaturas mas bajas en

localidades de mayor altitud. Con las otras variables analizadas (Vegetación y Temperatura) no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas lo cual probablemente se deba al tipo de análisis estadístico usado.

- Se proponen cuatro áreas de endemismo para mosquitos en Venezuela, las cuales denominamos:  
1) Región Norcentral que abarca los estados Aragua y Carabobo principalmente, 2) Cordillera Andina, entre los estados Táchira y Mérida. 3) Cordillera Oriental, entre los estados Monagas y Sucre y 4) Macizo Guayanés, hacia el Sur del estado Bolívar en la región pantepui.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 BEAMAN, R. (2002) Biogeomancer, University of Kansas. Disponible en <http://www.biogeomancer.org>
- 2 BELKIN, J.N. (1962). The Mosquitoes of the South Pacific (Diptera: Culicidae) Vol.1. University of California Press, Los Angeles. 608pp.
- 3 BREMER, K (1992) Ancestral areas: a cladistic reinterpretation of the center of origin concept. *Sist. Biol.* 41: 436 – 445.
- 4 CRISCI, J., L. KATINAS & P. POSADAS. (2000). Introducción a la teoría y la práctica de la Biogeografía Histórica. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Argentina. 161 pp
- 5 CROIZAT, L (1976). Biogeografía analítica y sintética (panbiogeografía) de las Américas. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela. 890 pp.
- 6 COVA – GARCÍA, P. (1951) Distribución Geográfica y Datos Bionómicos de los Anofelinos de Venezuela (Publicaciones de la División de Malariología) Número 10 Ministerio de Sanidad y Asistencia Social Caracas – Venezuela.
- 7 CONTRIBUTIONS OF THE AMERICAN ENTOMOLOGICAL INSTITUTE. The Associated Publishers. c/o American Entomological Institute. 3005, SW 56<sup>th</sup> Avenue, Gainesville, Florida 32608, U.S.A.  
Vol. 5 Number 3 1970, Vol. 7 Number 2 1971, Vol. 17 Number 1 1979, Vol. 13 Number 3 1976  
Vol. 3 Number 2 1968, Vol. 6 Number 2 1970, Vol. 4 Number 2 1976, Vol. 27 Number 2 1992.
- 8 ESRI (Environmental Systems Research Institute). (2006). *ArcView GIS 9.2*.
- 9 FARRIS J S (1989). HENNIG86. A PC-DOS Program for Phylogenetic Analysis. *Cladistics*.
- 10 FOLEY, D., L. RUEDA & R. WILKERSON. (2007). Insight into Global Mosquito Biogeography from Country Species Records. *Journal of Medical Entomology*. Vol.44 N° 4 pp. 554 – 567.

- 11 GOLOBOFF, P. (2005). NDM/VDNM Ver. 2.5 Programs for identification of areas of endemism. Disponible en: <http://www.zmuc.dk/public/phylogeny/>
- 12 Global Biodiversity Information Facility <http://data.gbif.org/> [University of Copenhagen](#), Denmark, in the [Zoological Museum](#)
- 13 GUIMARAES, J.H. (1997). Systematic Database of Diptera of the Americas South and the United States, Family. Culicidae. Editorial Pleide, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Sao Pablo, Brazil. 286 pp.
- 14 HAUSDORF, B. (2002). Units in biogeography. Systematic. Biology. 51:648–652.
- 15 HEINEMANN, S Y J. BELKIN, (1978). Collection records of the project “Mosquitoes of Middle America”.11. Venezuela (VZ); Guianas French, Guiana (FC, FCC>), Guyana (GUY), Surinam (SUR). Mosquito Systematics, 10(3), 365 – 459.
- 16 HUBER, O; C, ALARCÓN. (1988). Mapa de Vegetación de Venezuela. MARNR, The Nature Conservancy, Caracas.
- 17 LANE, J. (1949). Zoogeography of the Culicidae in the World. Arquivos do Museu Paranaense, Vol.VII, 1949. pp 247 – 263.
- 18 MATTINGLY, P.F. (1962). Towards a Zoogeography of the mosquitoes. Systematics Association Publication N°4. Taxonomy and Geography, pp 17 – 36. London.
- 19 Microsoft® Office Excel 2003 (11.6355.6360) SP1 Parte del Microsoft Office Professional Edition 2003 Copyright© 1985 -2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- 20 MORRONE, J.J. (1994). On the identification of areas of endemism. Systematic Biology, 43, 438 – 441.
- 21 MORRONE, J.J. (2004). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. Revista Brasileira de Entomología 48 (2): 149 – 162. junho 2004.14 pp.
- 22 MORRONE, J.J. & J. CRISCI. (1995). Historical Biogeography: introduction to methods. Annual Review of Ecology and Systematics, 26, 373 – 401.

- 23 NAVARRO, J.C. (1998). Taxonomía y Biogeografía de Mosquitos (Diptera: Culicidae) de Fitotelmata en Parques Nacionales de Venezuela. Trabajo presentado para optar al ascenso a la categoría de Asistente Docente y de Investigación. UCV.
- 24 NAVARRO, J.C., J. LIRIA, H. PIÑANGO, R. BARRERA. (2007). Biogeographic area relationships in Venezuela. A parsimony analysis of Culicidae – Phytotelmata distribution in National Parks. *Zootaxa*.
- 25 NIXON KC (2000) Winclada. Published by the autor.
- 26 OSBORN, F., Y RUBIO-PALIS, M HERRERA, A FIGUERA & J E. MORENO. (2004) Caracterización Eco-regional de los Vectores de Malaria en Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. Vol. XLIV, N° 2 Agosto – Diciembre.
- 27 SPSS para Windows. 2000. Versión 10.0. Chicago: SPSS Inc. [programa informático en CD-ROM]. Disponible en SPSS Inc. Página web de SPSS disponible en: <http://www.spss.com/>
- 28 SUTIL, O.E. (1980). Enumeración histórica y geográfica de las especies de Culicidae de Venezuela, ordenadas según su taxonomía *Boletín Dirección de Malariología Saneamiento Ambiental*, 20. 1 – 32.
- 29 SZUMIK, C., F. CUEZZO, P. GOLOBOFF & A. CHALUP. (2002). An optimality criterion to determine areas of endemism. *Systematic Biology* Vol.51:806 – 816.
- 30 SZUMIK, C. & P. GOLOBOFF. (2004). Areas de endemism. An improved optimality criterion. *Systematic Biology* Vol. 53: 968 – 977.
- 31 SZUMIK, C., D. CASAGRANDA & S. ROIG JUÑENT. (2006). Manual de NDM/VNDM: Programas para la identificación de áreas de endemismo. Instituto Argentino de Estudios Filogenéticos, Año V, Vol. (3).
- 32 WRBU (Walter Reed Biosystematics Unit) (2001). *Systematic Catalog of Culicidae*. Washington DC, USA. Disponible en <http://www.mosquitocatalog.org/>
- 33 WORLDCLIM. <http://www.worldclim.org/>



**ANEXOS**

