



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional,  
Unidad Oaxaca.

---

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO  
DE LOS RECURSOS NATURALES

(PROTECCIÓN Y PRODUCCIÓN VEGETAL)

**“MACROARTRÓPODOS ASOCIADOS A LA BROMELIA *Tillandsia  
prodigiosa* (Lem.) Baker EN DOS LOCALIDADES DE SANTA CATARINA  
IXTEPEJI, OAXACA”**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:

**MARISELA IRENE GARCÍA JARQUÍN**

DIRECTORAS

DRA. DEMETRIA MONDRAGÓN CHAPARRO

M. C. LAURA MARTÍNEZ MARTÍNEZ



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 11:00 horas del día 12 del mes de Junio del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA) para examinar la tesis de grado titulada:

Presentada por la alumna: "Macroartrópodos asociados a la bromelia Tillandsia prodigiosa (Lem.) Baker en dos localidades de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca"

García Jarquín Marisela Irene
Apellido paterno materno nombre(s)

Con registro: B 0 5 1 3 1 1

aspirante al grado de: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron SU APROBACION DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directoras de tesis:

Dra. Demetria Martha Mondragón Chaparro

M. en C. Laura Martínez Martínez

Dr. César Ruiz Montiel

Dr. José Luis Chávez Servia

Dr. Celérino Robles Pérez

LA PRESIDENTA DEL COLEGIO

Dra. María del Rosario Arnaud Viñas



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL CIIDIR-UNIDAD-OAXACA



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 12 del mes junio de año 2008, el (la) que suscribe **García Jarquín Marisela Irene** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B051311**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Demetria Martha Mondragón Chaparro y M. en C. Laura Martínez Martínez y cede los derechos del trabajo titulado: **“Macroartrópodos asociados a la bromelia *Tillandsia prodigiosa* (Lem.) Baker en dos localidades de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca,”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [gamy55@hotmail.com](mailto:gamy55@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

**GARCÍA JARQUÍN MARISELA IRENE**



## RESUMEN

En diferentes estudios se ha señalado la importancia de las bromelias como amplificadoras de la biodiversidad, debido a las interacciones que establece con los invertebrados; sin embargo en el estado de Oaxaca (México), a pesar de contar con alta diversidad en ambos grupos no se ha realizado ningún estudio de este tipo. Por lo anterior, los objetivos de este estudio fueron: comparar la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos asociados a *Tillandsia prodigiosa* en dos localidades Petenera y El Cerezal del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, durante dos épocas estacionales y determinar si las características morfológicas de la planta influyen en la composición de los macroartrópodos asociados a ella. Se realizaron cuatro muestreos, dos en época seca (marzo) y dos en época de lluvia (septiembre), en donde se colectaron 10 ejemplares adultos con inflorescencia de *T. prodigiosa* por muestreo, se midieron las características morfológicas de las plantas, se deshojó cada planta para capturar los artrópodos presentes para después realizar su identificación taxonómica. En total se colectaron 1509 macroartrópodos integrados por 21 órdenes, 67 familias, 88 géneros y 102 morfoespecies. En época seca se encontró un total de 735 macroartrópodos y en época de lluvia 774. Los órdenes Araneae, Coleoptera y Hemiptera destacaron por sus niveles altos de riqueza y abundancia. El índice de Shannon señala que la localidad Petenera con mayor altitud fue la más diversa con un valor de  $H' = 1.54$  mientras que El Cerezal presentó un índice de  $H' = 1.51$ . El análisis de correlación de Pearson, mostró que el número de hojas fue significativa y positivamente correlacionado con la diversidad ( $r = 0.497$ ,  $p = 0.003$ ) y riqueza ( $r = 0.446$ ,  $p = 0.005$ ) de macroartrópodos, y que el tamaño de la planta influyó en la abundancia de macroartrópodos asociados a la planta tanto en Petenera ( $r = 0.466$ ,  $p = 0.003$ ) como en El Cerezal ( $r = 0.327$ ,  $p = 0.045$ ). Los datos anteriores reflejan que *T. prodigiosa* sostiene una diversa fauna de macroartrópodos.

Palabras clave: Bromelias, macroartrópodos, bosque de pino- encino.

## ABSTRACT

Owing to the interactions established with invertebrates the importance of bromeliads as biodiversity amplifiers has been pointed out in several studies; however, no study of this type has been carried out in the state of Oaxaca (Mexico), despite the high diversity in both groups. Thus, the objectives of this study were to compare the richness, abundance and diversity of the macroarthropods associated with *Tillandsia prodigiosa* in two areas, Petenera and Cerezal, of the municipality of Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, during the two seasonal periods and to determine if the morphological characteristics of the plant influence the composition of the macroarthropods associated with it. Four samples were taken, two in the dry season (March) and two in the rainy season (September), where 10 examples of adult *T. prodigiosa* were collected per sample. Measurements of the morphological characteristics of the plants were made and each plant was dissected in order to capture the arthropods present for later taxonomic identification. A total of 1509 macroarthropods belonging to 21 orders, 67 families, 88 genera and 102 morphospecies were collected. A total of 735 macroarthropods were found during the dry season and 774 during the rainy season. The orders Araneae, Coleoptera and Hemiptera were noted for their high levels of richness and abundance. The Shannon Index indicates that the Petenera area, at greater altitude, was more diverse with a value of  $H'=1.54$  while Cerezal showed an index of  $H'=1.51$ . An analysis using Pearson's Correlation showed that the number of leaves was significant and positively correlated with diversity ( $r=0.497$ ,  $p=0.003$ ) and richness ( $r=0.46$ ,  $p=0.005$ ) of macroarthropods and that the size of the plant influenced the abundance of macroarthropods associated with the plant as much in Petenera ( $r=0.446$ ,  $p=0.005$ ) as in Cerezal ( $r=0.327$ ,  $p=0.045$ ). The foregoing data indicates that *T. prodigiosa* sustains a diverse fauna of macroarthropods.

Keywords: Bromeliads, macroarthropods, pine-oak forest.

## CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos particulares .....	3
2.3 Hipótesis.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 Generalidades de artrópodos .....	5
3.1.1 Clasificación taxonómica .....	5
3.1.2 Características de los artrópodos.....	5
3.1.3 Distribución y hábitat .....	6
3.1.4 Alimentación.....	7
3.1.5 Importancia de los artrópodos .....	8
3.1.5.1 Ecológica .....	8
3.1.5.2 Antropocéntrica.....	9
3.2 Plantas fitotelmatas .....	10
3.3 Familia Bromeliaceae .....	11
3.3.1 Características de la familia Bromeliaceae .....	11
3.3.2 Distribución y hábitat .....	12
3.4 Estudios de Interacciones Artrópodos – planta .....	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
4.1 Área de estudio .....	17
4.2 Especie de estudio .....	19
4.2.1 Distribución.....	20
4.3 Épocas de muestreo .....	20
4.4 Muestreo, colecta y descripción del material biológico .....	21
4.4.1 Características morfológicas de las bromelias.....	22
4.4.2 Colección e identificación de macroartrópodos asociados a <i>T. prodigiosa</i> .....	22
4.5 Calculo de los estimadores de la diversidad de macroartrópodos.....	24
4.5.1 Riqueza específica .....	24
4.5.2 Abundancia .....	24
4.5.3 Índice de diversidad .....	24
4.6 Análisis estadísticos de datos .....	25
4.6.1 Análisis de varianza .....	25
4.6.2 Curvas de acumulación.....	26

4.6.3 Prueba de t- student.....	27
4.6.4 Correlación .....	27
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
5.1 Comparación de riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos entre dos muestreos en cada época y localidad.....	28
5.2 Riqueza en morfoespecies de macroartrópodos.....	30
5.2.1 Riqueza de morfoespecies a nivel de orden.....	31
5.2.2 Riqueza en morfoespecies a nivel de familia.....	33
5.2.3 Riqueza en morfoespecies a nivel de género .....	36
5.2.4 Morfoespecies .....	39
5.3 Representatividad del muestreo a través de las curvas de acumulación y esfuerzo de muestreo.....	40
5.4 Abundancia de individuos de macroartrópodos .....	43
5.4.1 Abundancia de individuos a nivel de orden.....	44
5.4.2 Abundancia a nivel de familia.....	46
5.4.3 Abundancia a nivel de género.....	48
5.4.4 Abundancia de individuos por morfoespecie.....	50
5.5 Diversidad de macroartrópodos .....	51
5.6 Correlación .....	53
<b>VII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>66</b>
ANEXO 1.....	72
ANEXO 2.....	75

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Riqueza de morfoespecies de macroartrópodos asociados a <i>T. prodigiosa</i> en las dos localidades, durante época de lluvia y seca ..	39
2	Abundancia, promedio, mínimos, máximos de individuos hallados por planta en Petenera.....	50
3	Abundancia total, promedio, mínimos y máximos de individuos de macroartrópodos encontrados por planta en El Cerezal. ....	51
4	Prueba de t-Student para la comparación del índice de diversidad de Shannon obtenido en las dos localidades (Petenera y El Cerezal) durante las dos épocas (lluvia y seca).....	52
5	Correlación de Pearson entre la abundancia, riqueza y diversidad de macroartrópodos y las características morfológicas de <i>T. prodigiosa</i> en las dos localidades.....	53



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localización de los sitios de estudio (Petenera y El Cerezal) en Santa Catarina Ixtepej, Oaxaca.....	17
2	Especie de estudio ( <i>Tillandsia prodigiosa</i> ).....	19
3	Variación de la riqueza de morfoespecies promedio por bromelia entre localidades y épocas.....	30
4	Riqueza de morfoespecies de los órdenes encontrados durante los cuatro muestreos en la localidad de Petenera y El Cerezal en Santa Catarina, Ixtepeji, Oaxaca.....	31
5	Riqueza de morfoespecies por órdenes registrados en las dos áreas de estudio, durante la época de lluvia y seca....	33
6	Riqueza de morfoespecies de las familias de macroartrópodos colectados en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.....	35
7	Riqueza de morfoespecies de los géneros que comparten las dos localidades en época de lluvia y seca.....	37
8	Riqueza de morfoespecies de los géneros representados en época de lluvia y seca en las dos localidades.....	38
9	Curvas de acumulación de especies ajustadas y observadas. A. Petenera, época de lluvia, B, Petenera época seca, C, Promedio en Petenera. D, El Cerezal época de lluvia. E. El Cerezal época seca, y F. Promedio en El Cerezal.....	42
10	Variación espacial y estacional de la riqueza de morfoespecies por bromelia.....	43
11	Abundancia de macroartrópodos adultos encontrada en la localidad de Petenera y El Cerezal durante los cuatro muestreos realizados en época de lluvia y seca.....	44
12	Abundancia de macroartrópodos a nivel de orden durante dos épocas estacionales en las dos localidades de estudio .....	45
13	Abundancia de macroartrópodos por cada familia en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.....	47
14	Abundancia de macroartrópodos a nivel de género que comparten Petenera y Cerezal durante las dos épocas estacionales.....	48
15	Géneros de macroartrópodos presentes en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.....	49

## I. INTRODUCCION

Las interacciones ecológicas de plantas y animales constituyen la base del funcionamiento de los ecosistemas. Al mismo tiempo, han sido una de las principales causas de la generación de gran parte de la diversidad biológica (Ehrlich y Raven, 1964; citado por Llorente *et al.*, 1996).

Dentro de los taxa animales que interactúan con las plantas se encuentran los artrópodos los cuales han tenido mayor éxito evolutivo sobre la tierra debido a su gran capacidad de adaptación, lo que les ha conferido ser el grupo taxonómico más diverso y numeroso (Llorente *et al.*, 1996).

Como parte de la cadena trófica, los artrópodos contribuyen a la transferencia de energía mediante las relaciones que establecen con diferentes individuos, siendo un claro ejemplo las plantas, las cuales son consumidas, polinizadas y/o dispersadas por herbívoros que a su vez son consumidos por depredadores ó parasitoides, estableciendo relaciones como son: la fitofagia, el parasitismo y la depredación, contribuyendo así a la preservación del equilibrio ecológico del ecosistema donde se encuentran presentes (Daly *et al.*, 1998).

Los artrópodos pueden consumir una gran variedad de alimentos y ocupar un amplio espectro de hábitats (Llorente *et al.*, 1996). Uno de los hábitats propicios se presenta en las plantas fitotelmatas, que son aquellas que debido a su morfología pueden acumular materia orgánica y agua, ofreciendo un amplio rango de microhábitats para la supervivencia de diferentes individuos, lo anterior dependiendo de sus necesidades

ya sea para el desarrollo de su ciclo de vida, como refugio para protegerse de sus depredadores o de condiciones climáticas extremas, al mismo tiempo que les pueden servir de alimento o para encontrar a sus presas (Gentry y Dodson, 1987; Beutelspacher, 1999).

Dentro de las epifitas, una de las familias con mayor número de plantas fitotelmatas es Bromeliaceae, de la que se han realizado diversos estudios de su interacción con diferentes individuos en ecosistemas como selvas tropicales, pastizales, bosques de montaña y bosque de encino. En estos estudios se ha mencionado que la diversidad de individuos asociados a la bromelia presenta variación estacional y espacial, es decir, entre sitios con diferente tipo de vegetación y altitud, además de que, en ocasiones, la estructura de la bromelia que los contiene influye en su diversidad (riqueza y abundancia). Sin embargo, son pocos los trabajos en los cuales se han analizado estos tres parámetros en un solo estudio, por lo que se consideró importante analizar la riqueza, abundancia y diversidad de macro artrópodos asociados a *Tillandsia prodigiosa* (Lem.) Baker en dos localidades de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca en un bosque de pino encino, en donde no se ha realizado ningún estudio que documente esta información.

## II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

### 2.1 Objetivo general

Analizar la diversidad de macro artrópodos presentes en *Tillandsia prodigiosa* en época de lluvia y seca en dos localidades de Santa Catarina, Ixtepeji, Oaxaca.

### 2.2 Objetivos particulares

Determinar la riqueza de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* en dos localidades, durante dos épocas.

Estimar la abundancia de la comunidad de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* en dos localidades y dos épocas.

Correlacionar características morfológicas de *Tillandsia prodigiosa* con la diversidad, riqueza y abundancia de los macroartrópodos asociados a ella.

### 2.3 Hipótesis:

- La diversidad de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* no difiere entre las dos localidades.
- La diversidad de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* es igual entre épocas estacionales

- La riqueza de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* no difiere entre las dos localidades.
- La riqueza de macro artrópodos de *Tillandsia prodigiosa* no difiere entre épocas.
- La abundancia de la comunidad de macro artrópodos asociados a *T. prodigiosa* es igual en las dos localidades de Santa Catarina Ixtepeji.
- La abundancia de la comunidad de macro artrópodos de *Tillandsia prodigiosa* es igual entre las épocas.
- No hay correlación significativa entre las características morfológicas de las bromelias con la riqueza abundancia y diversidad de macro artrópodos asociados a ellas.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Generalidades de artrópodos

Los artrópodos forman el 80% de todos los animales que se conocen, (Coronado y Márquez, 1972, citados por (Rojas y Casanova, 2002). Constituyendo el 85% del total de la fauna mundial y representando el 65% de toda la diversidad de especies conocida, calculada en alrededor de 1.7 millones de especies (Llorente *et al.*, 2002).

##### 3.1.1 Clasificación taxonómica

Los artrópodos están subdivididos en tres subphylum: Trilobita, grupo de fósiles; Chelicerata, se caracteriza por tener quelicerios, es decir, la parte bucal de este taxón presenta piezas similares a colmillos o parecidos a pinzas, (dentro de estos se encuentran las arañas, escorpiones y ácaros); Mandibulata, con aparato bucal mandibulado y cabeza con uno o dos pares de antenas, éste Subphylum incluye a los insectos, centípedos, milípedos y crustáceos (Castner, 2004).

##### 3.1.2 Características de los artrópodos

Los artrópodos presentan características distinguibles de otros phylum. En primer lugar tienen simetría bilateral, quiere decir que solamente tienen un plano, llamado sagital, que divide el cuerpo de un organismo en aproximadamente dos mitades espacialmente idénticas. En segundo lugar tienen apéndices pares y articulados, de donde se deriva su nombre del griego (arthro=articulación, poda= patas).

Tienen el cuerpo segmentado, distinguiéndose generalmente tres regiones: cabeza, tórax y abdomen, pero en algunas especies, la cabeza y el tórax están fusionadas, por lo que se dividen en cefalotórax o prosoma y opistosoma (Castner, 2004; Triplehorn y Johnson, 2005).

La metamorfosis es típica en estos animales; su crecimiento no es progresivo debido a la quitina de la que está constituido el exoesqueleto el cual modifican para la reducción de la pérdida de agua, por eso lo renuevan mediante la llamada muda o ecdisis. La morfología o estructura de los artrópodos cambia con el proceso de la metamorfosis, que varía según el grupo de que se trate durante las fases larvares, juveniles y adultas.

De acuerdo a Elzinga (2004), el tamaño de los artrópodos implica muchas ventajas, por ejemplo: requieren poca energía y tiempo para su desarrollo, es más fácil que encuentren protección del ambiente extremo y de sus depredadores, su dispersión a través del viento es más rápida y fácil logrando recorrer grandes distancias. Las mejores características usadas para su identificación son el número de patas, antenas y el número de regiones del cuerpo (Castner, 2004).

### **3.1.3 Distribución y hábitat**

Los artrópodos se pueden encontrar prácticamente en cualquier parte de la tierra, desde 60 cm por debajo de la superficie del suelo hasta más de 40 m de altura en las copas de los árboles, viven en una variedad de hábitats como los ecosistemas dulce acuícola o salobres (Ruppert *et al*, 1996), los trilobites seguidos de los crustáceos son

los grupos dominantes en el ambiente marino, y la clase Insecta y Arachnida presentan dominancia pero en el ambiente terrestre (Elzinga, 2004). Tal capacidad para vivir en ambientes acuáticos y terrestres ha dado como resultado la gran diversidad de este grupo.

#### **3.1.4 Alimentación**

La alimentación de un organismo puede afectar de muchas formas en su crecimiento, desarrollo, reproducción y en sus características morfológicas. Dentro del grupo de artrópodos, la clase Insecta es la más numerosa, clasificándose en tres categorías de acuerdo al tipo de alimentación: fitófagos, zoófagos y saprófagos. Los fitófagos, artrópodos (herbívoros) se alimentan de los tejidos de las plantas, lo que los clasifica como consumidores primarios, los cuales se pueden alimentar de todas las partes que componen una planta, como tallos, hojas, flores, frutos, semillas y la savia del sistema vascular, cada uno de estos individuos se puede alimentar masticando los tejidos o succionando la savia o contenidos celulares, los insectos succionadores especialmente hemíptera son capaces de extraer la savia en gran cantidad de los sistemas vasculares de las plantas, los hongos, algas, líquenes, helechos y musgo son también una fuente de alimentación para los insectos (Daly *et al.*, 1998). Los zoófagos o carnívoros se alimentan de tejidos animales, en su mayoría de otros insectos, se les conoce como insectos entomófagos y se clasifican en depredadores y parasitoides, los primeros matan a su presa casi inmediatamente, mientras que los parasitoides se alimentan interna o externamente de sus hospederos durante un periodo antes de matarlos.



En los ambientes acuáticos se pueden encontrar detritívoros, fitófagos e insectos depredadores, pero muy pocas veces se pueden encontrar parasitoides. Por último los saprófagos que se alimentan de la materia muerta, ya sea vegetal o animal, además de los microbios que crecen en esta materia. Por ejemplo los troncos en putrefacción son ocupados por insectos de muchos tipos, especialmente escarabajos y termitas. También los cadáveres de otros animales son muy atractivos para escarabajos y moscas (Daly *et al.*, 1998). Existen además omnívoros, que se alimentan de la materia viva de las plantas o de los tejidos vivos de animales (Triplehorn y Jhonson, 2005).

### **3.1.5 Importancia de los artrópodos**

#### **3.1.5.1 Ecológica**

Las plantas con flores (250,000 especies) dependen en gran medida de los servicios de los insectos para la polinización, haciendo posible su reproducción sexual y la generación de semillas y frutos (Ruppert y Barnes; 1996).

Metcalf *et al.* (1993) mencionan que también son fuente importante en la alimentación de ciertos individuos como las aves, comprendiendo desde un 50 a 60 por ciento de su dieta, de tal manera que si la población de insectos declina, las aves emigran o alteran su dieta; también forman parte de la alimentación de peces, y algunos mamíferos, y reptiles formando parte de la cadena trófica contribuyendo a la transferencia de energía mediante sus diferentes interacciones como (fitofagia, parasitismo y depredación), contribuyendo así a la preservación del equilibrio

ecológico del ecosistema y al flujo de nutrientes en los ecosistemas donde se encuentran presentes (Speight, 1999).

### **3.1.5.2 Antropocéntrica**

Los artrópodos tienen atributos benéficos, ya que prestan diversos servicios al hombre; una gran variedad de ellos son utilizados como alimento, debido a su contenido rico en proteínas con alto valor nutritivo (Ramos, 1991). Así también existen aquellos que producen sustancias útiles como la miel, la cera de abeja que es utilizada en la industria para la fabricación de velas, cremas, cosméticos, pulidores, etc.; la seda y laca utilizada para la fabricación de barnices, aislante de energía eléctrica entre otros. Se considera que muchas clases de este grupo tienen propiedades medicinales. Además ciertos grupos de artrópodos son utilizados en la práctica de control biológico para disminuir el daño que causan las plagas en el sector agrícola, pecuario de salud, etc.

Las características de los artrópodos como: tamaño pequeño, facilidad de manejo, su capacidad de reproducción, la gran variabilidad y el bajo costo de mantenimiento los hacen ideales para la experimentación en la investigación científica ya que muchos de ellos también son transmisores de enfermedades (Metcalf *et al.*, 1993).

Como se mencionó anteriormente las interacciones entre plantas y animales son frecuentes dentro de los ecosistemas, un ejemplo de ésta interacción se lleva a cabo con las plantas fitotelmatas.

### 3.2 Plantas fitotelmatas

Son consideradas como micro ecosistemas, ya que dentro de ellas se producen una serie de interacciones entre los individuos vivos y el conjunto de factores físicos, debido a ello muchos autores señalan la importancia de éstas plantas en diversos procesos ecológicos, como la dispersión, colonización e interacción entre especies y también como elementos estructurales de los bosques (Frank 1983; Ambruster *et al.*, 2002; Ospina Bautista *et al.*, 2004).

Entre las familias con miembros fitotelmatos tenemos a las Musaceae, Bromeliaceae, Maranthaceae, Heliconiaceae, Bignoniaceae, Rubiaceae, Palmae-Arecaceae, Caesalpinaceae, Poaceae y Bambusoideae.

De acuerdo a Frank (1983) las plantas fitotelmatas tienen dos tipos de nutrición derivados del origen de los nutrientes que absorben, pueden ser de nutrición dendrófila o anemófila. Las bromelias dendrófilas obtienen los nutrientes que caen de los árboles y para poder absorberlos, necesitan de individuos descomponedores ó detritívoros, estableciendo una relación simbiótica con oligoquetos (Annelida) y escítidos o helódidos (Coleoptera). Las anemófilas adquieren los nutrientes transportados por el viento y para poder absorberlos deben competir con las algas, por lo que contienen individuos consumidores de éstas, como ostrácodos (Crustacea) y quironómidos (Diptera).

### **3.3 Familia Bromeliaceae**

Muchas morfoespecies de la familia Bromeliaceae pueden ser clasificadas como plantas tipo tanque debido al arreglo de sus hojas que permiten la acumulación de agua de la lluvia y materia orgánica, siendo una fuente de manutención para la cadena trófica de detritívoros, larvas de mosquito, bacterias, algas, hongos, invertebrados y hasta vertebrados que visitan estas plantas para encontrar a su presa.

Entre las condiciones ofrecidas por las bromelias podemos distinguir diferentes unidades asociadas al ambiente terrestre como: hojarasca, materia orgánica, y detritus y otras al ambiente acuático (cantidad de agua reservada por las lluvias), ofreciendo de esta manera diferentes tipos de hábitat para las necesidades de cada uno de los individuos que se encuentran asociados a ellas (Beutelspacher, 1999; Stuntz *et al.*, 2002).

#### **3.3.1 Características de la familia Bromeliaceae**

La mayoría de las bromelias son de hábitos epífitos, pero existen algunos géneros de hábitat terrestre y saxícola. Son plantas herbáceas, frecuentemente de hábitos xerofíticos. Suelen reproducirse por semillas e hijuelos; las hojas son en su mayoría alargadas, a menudo serrada o entera, y en otras especies hasta filiformes, cubiertas total o parcialmente por diminutos pelos escamosos. La inflorescencia es una espiga, un racimo o panícula, (Burt-Utley, J.F. y K. Burt- Utley, 1991; Picado, 1988), se encuentra dispuesta en las axilas de las brácteas, que son hojas modificadas situadas

en las proximidades de las flores y cuya función es protegerlas o atraer polinizadores; frecuentemente de colores intensos. El fruto puede ser baya o cápsula con semillas desnudas, las cuales pueden ser aladas, caudadas o provistas de un apéndice plumoso (Smith y Downs, 1974).

### **3.3.2 Distribución y hábitat**

Las bromelias epifitas prefieren ciertas partes de un árbol (horquetas, orientación, altura, ciertos diámetros de rama) y no precisamente una especie de árbol en particular. Sin embargo, los inventarios indican que hay tendencias de acumulaciones de bromelias en árboles de las familias Myrtaceae, Rubiaceae, Melastomataceae y Monimiaceae (Damon, 2006). Existen factores importantes como durabilidad y capacidad de la corteza para humedecerse, el pH, y características químicas que influyen en el establecimiento de las bromelias en los árboles (Nadkarni, 1994).

Estas plantas pueden ser encontradas tanto en regiones desérticas como en los bosques tropicales lluviosos, en las tierras bajas como en los altiplanos del Perú. Prefieren ciertas regiones llamadas “Centros de Frecuencia” destacando México y algunas regiones de Centroamérica como Perú, Costa Rica y Brasil en Sudamérica.

La familia Bromeliaceae comprende 3,086 especies y 56 géneros (Luther, 2006); las cuales están confinadas prácticamente al continente Americano, siendo el componente más sobresaliente en la vegetación epifita neotropical (García-Franco, 1986).

En México hay 342 especies y 18 géneros de los cuales 172 especies y 15 géneros se encuentran en el estado de Oaxaca (Espejo *et al.*, 2004).

Las Bromeliaceae se distribuyen en todo el territorio oaxaqueño. En México, Oaxaca es el estado con el nivel más alto de endemismo con 43 especies (Espejo-Serna *et al.*, 2007; Espejo-Serna *et al.*, 2004). De los 30 distritos de Oaxaca, Ixtlán es el que mayor número de especies posee con 42 seguido de Juchitán con 40 (Arellano, 2002).

En el estado de Oaxaca el género más importante de acuerdo a su riqueza es *Tillandsia* alcanzando el 60.8% de las especies, apareciendo Ixtlán y Teotitlán como los distritos con mayor número de especies, representados con 24 cada uno.

### **3.4 Estudios de Interacciones artrópodos- planta**

Las investigaciones realizadas sobre la interacción de artrópodos con bromelias se han llevado a cabo en bosques tropicales, bosques de montaña, pastizales y bosque de encino, cada uno de ellos con diferentes enfoques; (Fragoso y Rojas-Fernández 1996; Rojas y Casanova, 2002; Stuntz *et al.*, 2002).

#### A) El valor de las bromelias en los ecosistemas

Las bromelias son importantes como amplificadoras de biodiversidad, debido a que por su estructura estas plantas tienen la capacidad de reservar agua, un recurso muy

importante, utilizado por varios individuos de acuerdo a la necesidad que cada uno de ellos presenta (Rocha *et al.*, 1997).

#### B) Inventarios sobre los individuos presentes en epifitas

La importancia de los inventarios sobre insectos es determinante para contribuir al conocimiento de un grupo tan diverso, debido a ello se han realizado diversos estudios dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes: un estudio preliminar de la entomofauna asociada a *Tillandsia heterophylla* (Bromeliaceae) en un bosque de encino se encontró que los individuos mas abundantes fueron coleópteros con 80 ejemplares, seguido de los hemípteros (chinches) con 56 y por último los blátidos (cucarachas) con 14 ejemplares (Rojas y Casanova, 2002), de esta manera coincide con el trabajo realizado por Ospina *et al.* (2004) quienes encontraron en un bosque de montaña que el grupo mas abundante fue Coleoptera, pero en este caso seguido de los ordenes Diptera y Cladocera. Otros de los grupos que mayor abundancia y riqueza ha presentado son los ordenes Araneae e Hymenóptera, sobre todo la familia Formicidae (Mestre *et al.*, 2001).

#### C) Influencia de las características morfológicas de epifitas con la diversidad de individuos (riqueza y abundancia)

En estos estudios se determinó que existe influencia de la estructura y complejidad de la planta con la abundancia y composición de las comunidades de artrópodos presentes. Armbruster *et al.*, 2002, encontraron que esta relación está dada por el tamaño y cavidades de la planta, así como el número de hojas y el volumen de la

bromelia como ejemplo de lo anterior Nunes y Duarte (1997) reportan el caso de *Psecas chapoda* del orden Araneae, y con Ospina *et al.* 2004, quienes mencionan que el tamaño de la planta también influye en la cantidad de agua reservada en el tanque de la planta.

#### D) Especificidad de artrópodos a una especie particular de bromelias o epifitas

Analizando los grupos de artrópodos encontrados en los diferentes trabajos, se puede sugerir de acuerdo a su abundancia y composición que hay algunos individuos que se encuentran solo en determinada especie de epifita, es decir, que presentan una selección en su tipo de hábitat. Para ello se han realizado diferentes trabajos como el de Romero y Vasconcelos\_Neto (2005) donde mencionan que sí existe una especificidad de determinado grupo de artrópodos asociados a una especie de planta en particular, como es el caso de *Psecas chapoda*, (Araneae: Salticidae), encontrándose que solamente se reproduce y habita dentro de *Bromelia balansae*, otro ejemplo de la especificidad que existe en ciertos individuos se presenta en *Scorpion títyus neglectus* Mello\_ Leitaó (Buthidae) donde se encontró sólo un ejemplar de ésta especie en cada bromelia, considerando que es una especie específica de ese micro hábitat (Lima *et al.*, 2006).

#### E) Variación estacional de macroartrópodos

El tamaño y la composición de un inventario de especies en un lugar determinado varía con el tiempo (Adler & Laurenhoth, 2003), debido a una característica fundamental de la distribución espacial de las especies: sus rangos de distribución no



son estables a lo largo del tiempo, es así como una especie puede aumentar o reducir su presencia en un sitio determinado en función de cambios en el ambiente.

Murillo *et al.* (1983), analizaron la variación entre épocas de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp., encontraron mayor abundancia durante época seca, considerando que los insectos encuentran condiciones mas favorables de humedad en estas plantas, lo anterior difiere con el trabajo de Liria (2007), quienes reportan que en época seca existe menor abundancia de artrópodos, por lo que mencionan que no hay un patrón general estacional, de artrópodos y que algunas especies prefieren la época seca y otras la época de lluvia.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el bosque comunal de Santa Catarina Ixtepeji, en el distrito de Ixtlán de Juárez, región Sierra Norte, al norte de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca.

Se eligieron dos localidades de muestreo, caracterizadas por contar con poblaciones de *T. prodigiosa*, además que presentan diferencias tanto en ambiente como en la composición de especies vegetales.

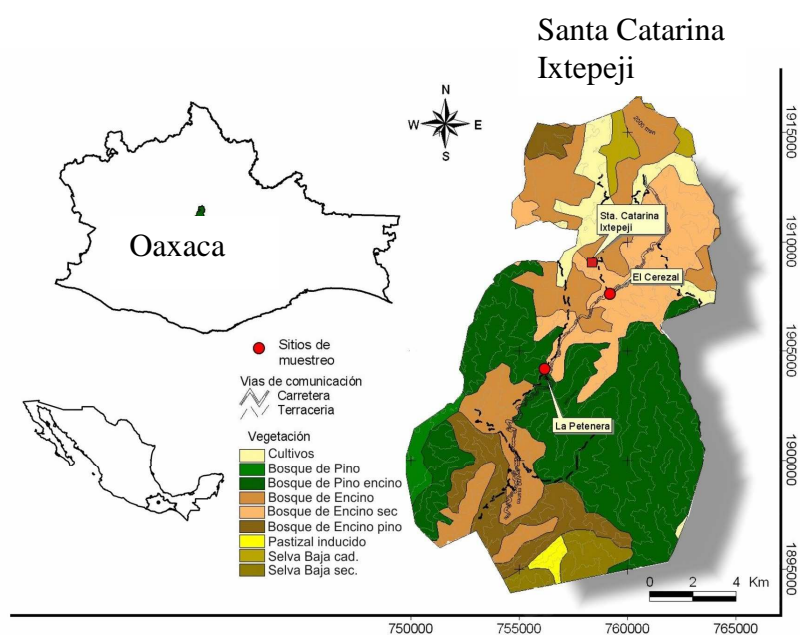


Figura 1. Localización de los sitios de estudio (Petenera y El Cerezal) en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

Con el fin de caracterizar las zonas de muestreo y la densidad poblacional de la bromelia epífita objetivo se establecieron tres cuadrantes de 100 m<sup>2</sup> en cada paraje, la ubicación de cada cuadrante fue de acuerdo al grado de conservación del bosque y ubicación; se delimitaron con la ayuda de cordeles y brújula. Una vez delimitado el cuadrante se procedió a censar el número de árboles, a los cuales se les midió su diámetro a 1.5 m. de altura esto último con la ayuda de un clinómetro. A la par de la estimación de densidad y altura de árboles se registró el número de individuos de bromelias presentes en cada árbol para tener un estimador de la densidad promedio por cuadrante.

El primer sitio de muestreo fue la localidad de Petenera ubicado geográficamente a 17°12'29" latitud norte, 96°35'29" de longitud oeste a una altitud de 2547 msnm. Presenta una temperatura promedio anual de 17°C, con una precipitación pluvial de 900 mm y su vegetación predominante es bosque de pino con algunos ejemplares de los encinos *Quercus acutifolia* Née, *Q. rugosa* Née y *Q. laurina* Humb., también se encuentran ejemplares de madroño (*Arbutus xalapensis* Hbk.), helechos y musgos. Las principales bromelias presentes son: *Tillandsia prodigiosa* (Lem.) Baker, *T. carlos-hankii* Matuda, *T. macdougalli* L. B. Smith y *T. bourgaei* Baker (Mondragón, 2003). La densidad promedio de árboles por hectárea es de 2260 y éstos presentan un DAP de alrededor de 12 ± 4 cm. y una altura promedio de 11 ± 5 cm; la densidad promedio de *T. prodigiosa* en esta localidad es de 400 individuos por hectárea aproximadamente.

El segundo sitio fue El Cerezal, ubicado a 17°14'20" latitud norte, 96°33'45" de longitud oeste y con una altitud de 2330 msnm. Esta localidad, según los vecinos de

Santa Catarina, Ixtepeji, Oaxaca y confirmado don nuestras observaciones en campo, es más seca y cálida que Petenera porque se presentan temperaturas promedio anuales de 20°C. La precipitación pluvial es de 780 mm. Su vegetación predominante está conformada por encinos y a diferencia de la Petenera, ésta localidad cuenta con ocho especies de bromelias: *Tillandsia bourgaei* Baker, *T. prodigiosa*, *T. juncea* (Ruiz & Pav.) Poir., *T. usneoides* L., *T. magnusiana* Wittm., *T. calothyrsus* Mez., *Catopsis berteroniana* (Schult. & Schult. f.) Mez. y *Viridantha plumosa* (Baker) Espejo, Mondragón *et al.*, 2006. La densidad de árboles por hectárea es de 2700 y éstos presentan un DAP de alrededor de  $9 \pm 4$  cm y una altura promedio de  $10 \pm 3$  m; la densidad de *T. prodigiosa* en esta localidad se cuenta con alrededor de 650 individuos por hectárea.

#### 4.2 Especie de estudio

*Tillandsia prodigiosa* es una especie endémica de México y puede ser clasificada como una planta fitotelmata debido a que el arreglo de sus hojas conforman una roseta (Figura 2).

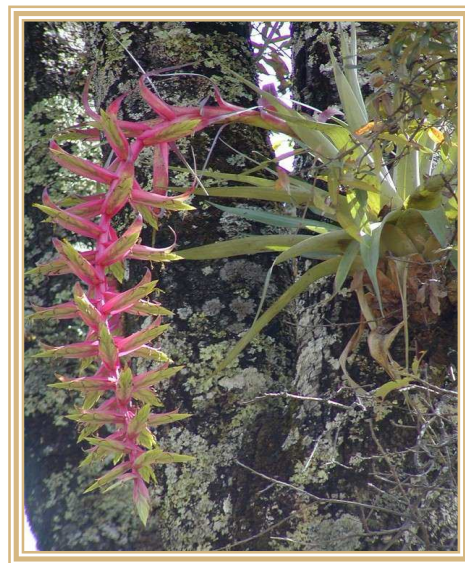


Figura 2. *Tillandsia prodigiosa*

Son plantas robustas, acaules, conocida comúnmente como magueyito verde, por la forma similar a un maguey (*Agave* spp). Es una de las especies que mide aproximadamente entre 60 a 140 cm de alto, la fitotaxia de las hojas en forma de roseta sirven como un tanque de almacenamiento y es característica de relevancia para otros organismos porque pueden reservar el agua de lluvia, detritus y materia orgánica, conformando así un hábitat fitotelmato.

*Tillandsia prodigiosa* presenta una inflorescencia tipo péndula, que mide de 30 a 70 cm de largo, ramificada pinadamente, algunas veces bipinadamente de 20 a 30 cm de largo. El escapo y las brácteas foliares son dos estructuras distintivas de la inflorescencia. El escapo es robusto de más de 1 cm de ancho, las brácteas florales puede ser de color rosado a rojo con sépalos coriáceos de una longitud de 20 a 30 mm de largo (Smith y Down, 1974).

#### **4.2.1 Distribución**

*Tillandsia prodigiosa* se distribuye en bosques de pino-encino de 1800 a 2800 msnm. En la Republica Mexicana se encuentra distribuida en los estados de Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Durango, México, Veracruz, y Oaxaca (Smith y Down, 1974).

#### **4.3 Épocas de muestreo**

Para definir las épocas de muestreo se tomo como referencia la variación estacional de las precipitaciones y temperaturas como un factor que incide en la diversidad de macroartrópodos en época de lluvia y en época seca.

Así con base en los registros de precipitación y temperatura de la Comisión Nacional del Agua, en cada una de las localidades, para el establecimiento de las época de lluvia (mayo a octubre) por coincidir con el periodo de mayor precipitación y la época seca (noviembre a abril) con la estación de nula o mínima precipitación. Por lo tanto, el muestreo del mes de marzo de 2006 fue considerada la época seca y el muestreo en septiembre de 2007, como la época de lluvia.

#### **4.4 Muestreo, colecta y descripción del material biológico**

A pesar que *T. prodigiosa* se encuentra distribuida en los árboles del dosel a una altura que va de los 2 a 10 m, para fines de éste trabajo sólo se recolectaron plantas de bromelias en el estrato de 2 a 5 m, ya que en dicho rango se concentran mayoritariamente estas plantas.

En cada época de muestreo y localidad, se colectaron un total de 10 plantas de *T. prodigiosa* en estado maduro y con inflorescencia. Por definición cada planta de bromelia colectada constituyó una muestra aleatoria de macroartrópodos. En total se realizaron 20 muestreos de macroartrópodos por cada época y cada localidad.

Para definir el tamaño de muestreo se tomaron como referencia el número de plantas muestreadas en otros trabajos, los que varían de 5 a 10 plantas por muestreo, dependiendo del tamaño de población en campo.

Las plantas de bromelias aún en el árbol se colocaron dentro de bolsas de plástico. Para evitar que los insectos escaparan, se removi6 del árbol hospedero y se etiquet6 (fecha y lugar de colecta, especie de bromelia y número de muestra). Posteriormente, se llevaron al laboratorio y se refrigeraron hasta la remoci6n de macroartr6podos y evaluaci6n de las caracter6sticas de las plantas.

#### **4.4.1 Características morfológicas de las bromelias**

Con el fin de determinar la posible relación entre las características de las plantas y la diversidad, riqueza y abundancia de macroartrópodos a cada planta proveniente del campo se le registró: 1) número de hojas, 2) altura de la planta sin inflorescencia (midiendo desde la base hasta la punta de la hoja mas larga) y con inflorescencia (desde la base hasta el tope de la inflorescencia) 3) número de cavidades y 4) biomasa total, la que con base en la materia vegetal total de la planta y secada mediante una estufa a 60° C a peso constante.

#### **4.4.2 Colección e identificación de macroartrópodos asociados a *T. prodigiosa***

Para propósitos de este trabajo se colectaron solamente macroartrópodos adultos o bien, todos los macroartrópodos que fueran visibles a simple vista.

Cada planta colectada se revisó minuciosamente removiendo todas sus partes, fue necesario deshojar cada planta, depositando las hojas y porciones de hojarasca sobre un trozo de tela blanca, para asegurar la visibilidad de los macroartrópodos, capturándolos y depositándolos en frascos (con alcohol al 70%) perfectamente etiquetados.

Mediante un microscopio estereoscópico se realizó la identificación taxonómica (orden, subfamilia, familia, género y especie) de los macroartrópodos. Fue muy difícil clasificar correctamente hasta el nivel de especie porque puede requerir de varios años de trabajo debido a lo complicado de la taxonomía de los insectos (Cotgreave et

*al.*, 1993, Lawton *et al.*, 1998, Richardson, 1999, Armbruster *et al.*, 2002). Por lo que fue necesario definir una clase taxonómica más operativa a la que se denominó morfoespecie.

Para realizar la identificación taxonómica a nivel de orden de todos los grupos se emplearon las claves de Triplehorn y Johnson (2005) y en el caso particular de Araneae se recurrió a Kaston (1983). Para definir a las morfoespecies se tomaron en cuenta los patrones oculares y la coloración corporal. Para Coleoptera y Hemiptera nos apoyamos en Slater *et al.* (1978) y Castner (2004).

Para confirmar y complementar la clasificación taxonómica de los macroartrópodos colectados se contó con el apoyo de taxónomos especialistas del Instituto de Ecología (INECOL): Biol. Luis Quiroz Robledo para Formicidae; M.C. Luis Leonardo Delgado Castillo en Coleoptera; Biol. Quiyari J. Santiago Jiménez para Staphylinidae; M.C. Enrique Montes De Oca para Carabidae; Dr. Sergio Ibañez Bernal en Diptera; Dr. Cesar Ruiz Montiel para Coleoptera y Hemíptera; Dr. Luis Manuel Cervantes Peredo para Hemíptera y el Dr. José G. Palacios Vargas de la Facultad de Ciencias, UNAM, para Colembola y Acari.



## **4.5 Cálculo de los estimadores de la diversidad de macroartrópodos.**

### **4.5.1 Riqueza específica**

Para la estimación de la riqueza específica de morfoespecies a nivel de orden, familia y género consideramos el número de morfoespecies diferentes encontradas por planta de *T. prodigiosa* muestreada a través de las épocas (seca y lluvia) y las dos localidades (Petenera y El Cerezal).

### **4.5.2 Abundancia**

El registro de la abundancia de macroartrópodos, se hizo mediante el conteo del número de individuos por morfoespecie en cada planta muestreada a través de épocas y localidades.

### **4.5.3 Índice de diversidad**

La diversidad específica puede describirse mediante el número de individuos y la distribución de los individuos entre especies. Para la determinación de la diversidad se utilizó el índice de de diversidad de Shannon\_Wiener.

$$H = -\sum p_i \log p_i$$

Donde:

H = índice de Shannon-Wiener

Pi = proporción relativa de individuos de la especie i en la muestra, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Log = logaritmo base 10

## **4.6 Análisis estadísticos de datos**

En este trabajo solo se utilizaron para propósitos de los análisis estadísticos los registros del número de individuos adultos debido a la dificultad de la identificación taxonómica en los estados de larvas y juveniles. Además se excluyeron a los ácaros y colémbolos también debido a la dificultad para su correcta identificación.

### **4.6.1 Análisis de varianza**

Debido a que uno de los objetivos del trabajo es analizar la variación en la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos entre épocas y no entre años, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con el fin de determinar si no existían diferencias significativas entre los años evaluados en cada una de las épocas y de ésta manera fusionarlos.

Con el propósito de probar la hipótesis de que no existían diferencias significativas entre épocas, entre localidades y si la interacción épocas por localidades era significativa, se realizó un análisis de varianza para los estimadores de riqueza, abundancia y diversidad de morfoespecies de macroartrópodos. En el modelo de análisis, se asumió como efecto fijo a la localidad y efecto aleatorio a la época. Los datos fueron transformados logarítmicamente ( $X'=\sqrt{X+1}$ ), debido a la falta de ajuste de normalidad y la presencia de los valores de cero.

#### 4.6.2 Curvas de acumulación

Se obtuvieron las ecuaciones y gráficas ajustadas para la realización de curvas de acumulación con el propósito de generar un estimador de la riqueza de morfoespecies basada en el esfuerzo de muestreo. El esfuerzo de muestreo se estandarizó a 10 plantas por cada una de las colectas realizadas.

Dado que, un conjunto de datos puede dar lugar a toda una familia de curvas según el orden que se den las muestras. Se realizó un proceso previo de 'suavizado' de la curva, en el que el orden de entrada de las unidades de esfuerzo de muestreo ( $n$ ) se aleatorizó 100 veces. Así obtuvimos el promedio estadístico de adición de especies con el aumento del esfuerzo.

Los datos de acumulación se ajustaron al modelo de Clench y al modelo de Dependencia lineal, con el uso de los programas EstimateS (Colwell, 2004) y también el programa de STA- WIN del programa STATISTICA versión 5.

Modelo de Clench (Mc):

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

Donde:

$S_n$  = Número esperado de morfoespecies

$a$  = Es la tasa de incremento de las nuevas especies al inicio del inventario

$b$  = Es un parámetro relacionado con la forma de la curva

$n$  = número acumulativo de muestras

Ecuación de dependencia lineal (EDL):

$$E(S) = \frac{a}{b} (1 - e^{-bn})$$

E(S) = número esperado de morfoespecies

a = Es la tasa de incremento de las nuevas especies al inicio del inventario

b = Es un parámetro relacionado con la forma de la curva

e = exponencial

n = número acumulativo de muestras

El método de dependencia lineal se utiliza cuando el taxa con el cual se trabaja es poco conocido, de tal manera que la probabilidad de encontrar una nueva especie nunca será de cero.

#### **4.6.3 Prueba t de Student**

Para probar la diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre los índices de Shannon-Wiener entre épocas y localidades hizo una prueba de t -Student con eventos independientes y varianzas diferentes con un  $\alpha = 0.05$

#### **4.6.4 Correlación**

El análisis de correlación de Pearson (r) se realizó con el objetivo de establecer el grado de asociación entre las características morfológicas de cada una de las plantas con la riqueza y abundancia de macroartrópodos presentes en cada una de ellas. La prueba estadística fue calculada usando el programa SPSS 11.0.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Comparación de riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos entre dos muestreos en cada época y localidad.

No hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de riqueza de morfoespecies en los dos muestreos de época de lluvia, tanto en Petenera ( $F=2.44$ ,  $P=0.135$ ,  $gl= 1$ ), como en El Cerezal ( $F=3.655$ ,  $P=0.07$ ,  $gl=1$ ) ni entre los dos muestreos en épocas secas, tanto en Petenera ( $F=3.17$ ,  $P=0.91$ ,  $gl=1$ ) y El Cerezal ( $F=3.26$ ,  $P=0.17$ ,  $gl=1$ ). Debido a esto se decidió fusionar los datos de los dos años de muestreo, quedando solamente lluvias y secas para el resto de los análisis.

En cuanto a abundancia a pesar de que se encontraron diferencias marginalmente significativas durante la época de lluvia entre los dos periodos (2005, 2006) tanto en Petenera ( $F= 4.475$ ,  $P=0.041$ ;  $gl= 1$ ) como en El Cerezal ( $F=4.75$ ,  $P=0.043$ ;  $gl=1$ ). No obstante entre los muestreos de la época seca no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las dos localidades Petenera ( $F= 0.556$ ,  $P=0.816$ ;  $gl=1$ ) y El Cerezal ( $F=1.75$ ,  $P=0.201$ ;  $gl=1$ ). Por todo esto, lo mismo que en los casos previos, se fusionaron los datos y centramos nuestro análisis en las diferencias entre épocas y localidades.

La diversidad de morfoespecies no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos de lluvia en Petenera ( $F=0.835$ ,  $P=0.356$ ;  $\alpha=0.05$ ), y El Cerezal ( $F=3.655$ ,  $P=0.07$ ,  $gl=1$ ); resultados similares se presentaron para las épocas secas; Petenera ( $F=1.20$ ,  $P=0.287$   $gl=1$ ) y El Cerezal ( $F=1.045$ ,  $P=0.320$ ,

gl=1). Así entonces, se fusionaron los datos de épocas secas de los diferentes años y los de lluvias con el objetivo de centrar la atención en determinar las diferencias entre épocas y localidades.

La estimación de la diversidad y los análisis estadísticos se llevaron a cabo a nivel de morfoespecie. Aquí morfoespecie fue definida como un grupo de individuos que han sido clasificados dentro de un género taxonómico pero que difieren morfológicamente de otro grupo de individuos clasificados dentro del mismo o diferente género. Así, morfoespecie es un grupo de macroartrópodos que difieren de otros macroartrópodos del mismo o diferente género taxonómico.

Para la determinación de morfoespecies se consideraron las características basadas en la morfología del cuerpo y extremidades de los macroartrópodos como: tamaño y coloración corporal, patrones oculares, fórmula tarsal, segmentación antenal y venación de las alas en su caso. Para nombrar a cada morfoespecie se mantuvo el nombre en cursiva del género taxonómico correspondiente y se le agrego un lexema genérico como “sp1”, “sp2”, etc., bajo el mismo género.

## 5.2 Riqueza en morfoespecies de macroartrópodos

En total se registraron 102 morfoespecies. 56 para Petenera en lluvias y 64 para secas, en tanto que en El Cerezal fueron 63 en lluvias y 64 en secas (Cuadro 1).

De acuerdo con el análisis de varianza no hubo interacción significativa entre épocas - localidades ( $F=0.36$  y  $P=0.55$ ,  $gl=1$ ). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $F=1.66$  y  $P=0.20$ ,  $gl=1$ ); entre la riqueza y época de muestreo pero sí se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre localidades ( $F=4.62$  y  $P=0.03$ ,  $gl=1$ ) (Anexo 2).

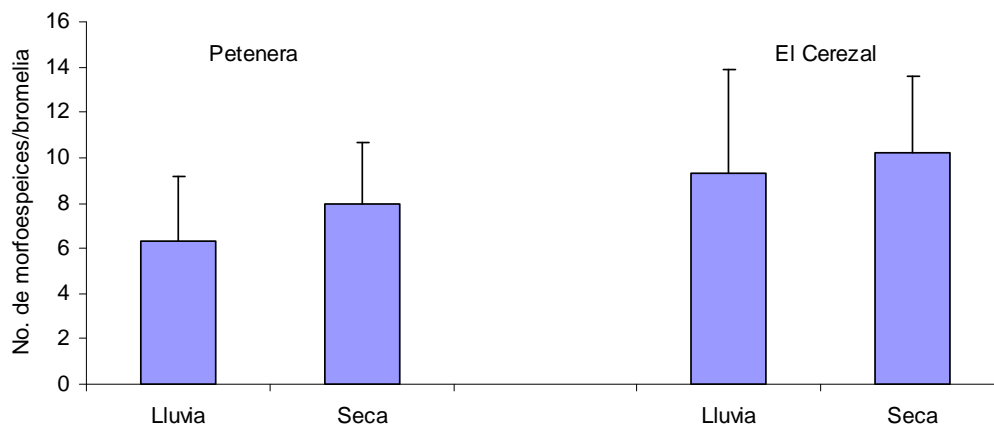


Figura 3. Variación de la riqueza de morfoespecies promedio por bromelia entre localidades y épocas.

En total se recolectaron 1509 individuos de macroartrópodos que representaron 21 órdenes, 67 familias, 90 géneros y 102 morfoespecies. El 100% de los individuos registrados fueron identificados taxonómicamente a nivel de orden y familia, un 97% a nivel de género y solo el 3% a nivel de especie.

### 5.2.1 Riqueza de morfoespecies a nivel de orden

En los cuatro muestreos el orden Araneae presentó mayor riqueza con 35 morfoespecies, seguido de Coleoptera con 17, Hemiptera con 10 y por último el orden Hymenoptera con nueve morfoespecies (Figura 4).

Los órdenes que obtuvieron menor riqueza presentaron de una a cinco morfoespecies: Lithobiomorpha y Blattodea (cinco), Diptera (cuatro), Psocoptera y Orthoptera obtuvieron tres morfoespecies cada una, mientras que el restante 12 % de los órdenes presentaron sólo una morfoespecie; entre ellos los Scorpiones, Opiliones, Pseudoscorpiones, Chordeumatidae, Geolomorpha, Thysanoptera, Thysanura, Neuroptera, Homoptera, Dermaptera, Scolopendra, y Lepidoptera.

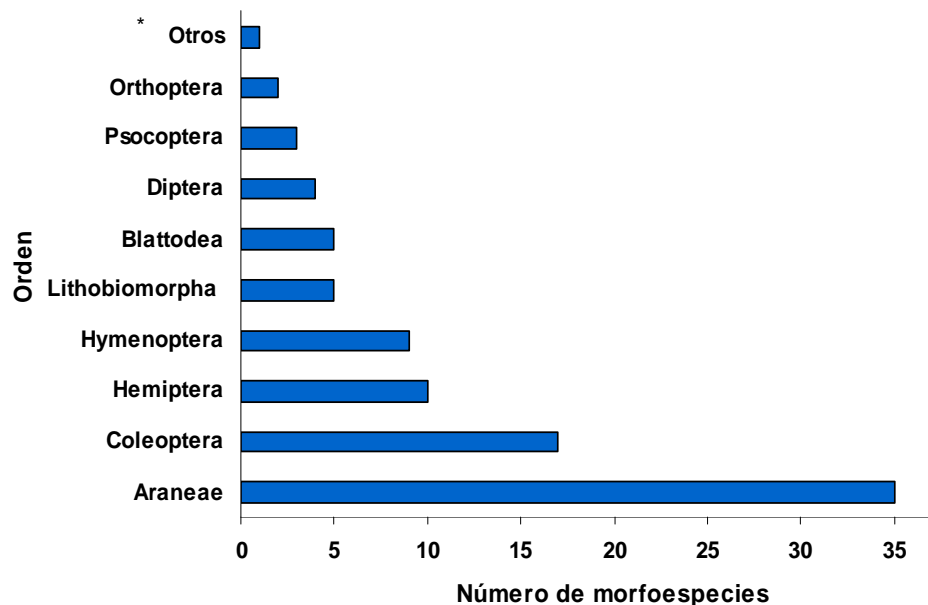


Figura 4. Riqueza de morfoespecies de los órdenes encontrados durante los cuatro muestreos en la localidad de Petenera y El Cerezal en Santa Catarina, Ixtepeji, Oaxaca.



En la localidad de Petenera se registraron 16 órdenes: 16 en época de lluvia y sólo 14 en época seca, siendo los órdenes mejor representados Araneae con 24 y 25 morfoespecies respectivamente, Coleoptera siete y 12; Hemíptera seis y seis, Blattodea con cuatro y cinco. Por último Lithobiomorpha con cinco morfoespecies en época de lluvia y sólo una en época seca (Figura 6). Los órdenes Opiliones y Thysanoptera se presentaron sólo durante la época de lluvia en esta localidad, a diferencia de los órdenes Pseudoescorpionida y Dermaptera que solo se encontraron durante época seca.

Tres ordenes (Geolimorpha, Thysanoptera y Neuroptera) fueron exclusivos en esta localidad.

En El Cerezal se registraron 17 órdenes, 15 de ellos estuvieron presentes tanto en época de lluvia como en época de seca, y el orden que obtuvo mayor riqueza de morfoespecies fue el orden Araneae con 23 y 25 morfoespecies, seguido de Coleoptera 10 y 11; Hemiptera tuvo siete y cuatro, e Hymenoptera presentó cinco y cuatro morfoespecies respectivamente (Figura 5). El orden Opiliones fue exclusivo de la época de lluvia y Pseudoescorpionida de la época seca al igual que en la localidad Petenera. Los órdenes Escorpionida, Scolopendra, Thysanura, Orthoptera y Lepidoptera fueron encontrados exclusivamente en la localidad de El Cerezal.

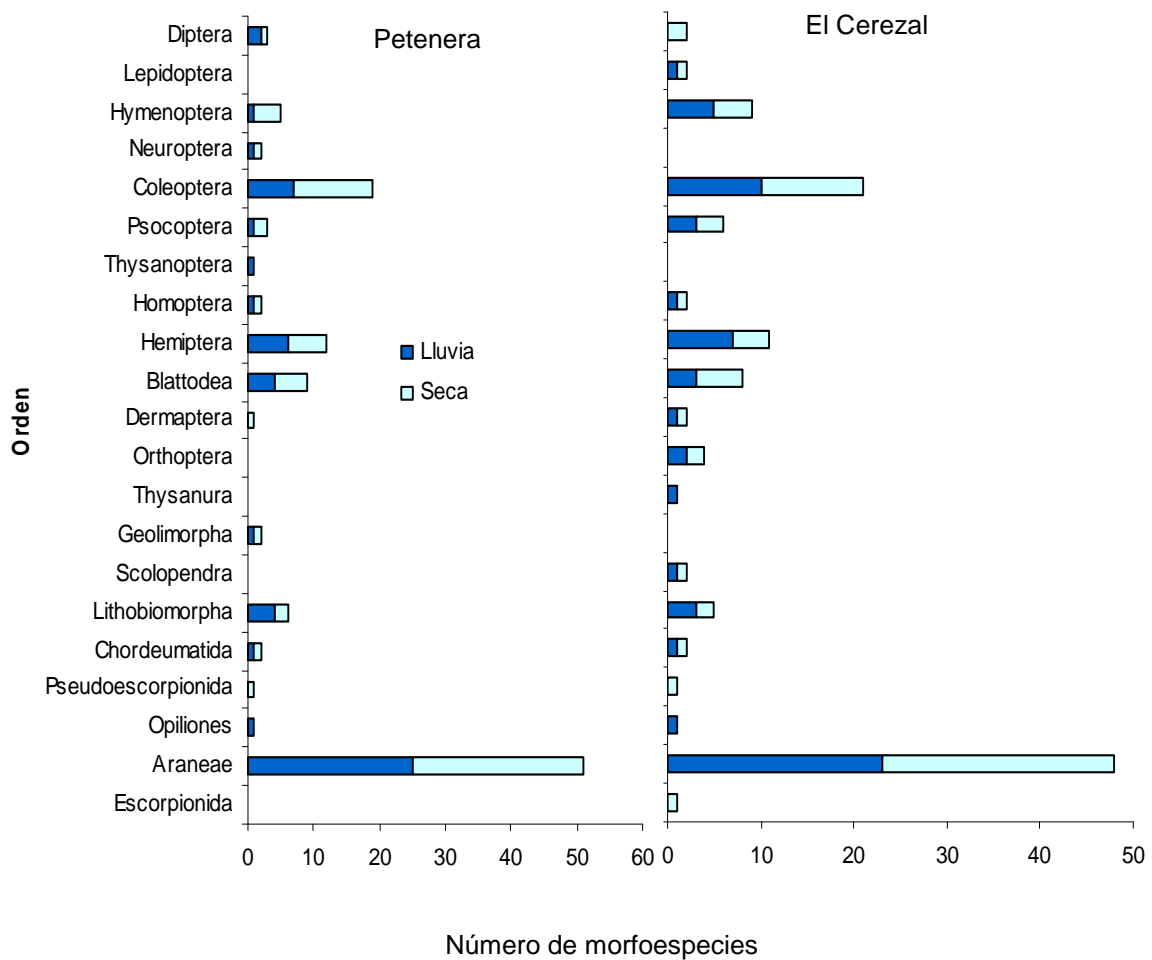


Figura 5. Riqueza de morfoespecies por órdenes registrados en las dos áreas de estudio, durante la época de lluvia y seca.

### 5.2.2 Riqueza de morfoespecies a nivel de familia

En la localidad de Petenera se registraron un total de 49 familias: 36 en época de lluvia, con 10 familias exclusivas y 40 en época seca, con 11 familias exclusivas. Las que obtuvieron mayor número de morfoespecies fueron: Salticidae del grupo Araneae con seis morfoespecies en ambas épocas, Clubionidae con seis en lluvias y cuatro en secas, Staphylinidae dos y cuatro morfoespecies respectivamente.

La familia Blatellidae estuvo representada solo por dos morfoespecies en época de lluvia mientras que en época seca por tres. La familia Carabidae no se presentó en época de lluvia, pero sí en época seca con tres morfoespecies. El 66% de las familias está representado simplemente por una morfoespecie y el 24% por dos en esta localidad (Figura 6).

En El Cerezal se registraron 52 familias en total, de las cuales 46 se colectaron en época de lluvia y 42 en época seca, tres fueron únicas en época de lluvia y cuatro exclusivas de la época seca; observándose con mayor riqueza de morfoespecies a la familia Clubionidae con cuatro y tres respectivamente, seguida de Staphylinidae (tres y cuatro morfoespecies), Salticidae (dos y cuatro) y Blatellidae (tres y dos morfoespecies). Las familias restantes están integradas por dos (24 %) ó una morfoespecie (66 %), Figura 7.

Las tres familias que presentaron mayor riqueza de morfoespecies en Petenera fueron las mismas que presentaron mayor riqueza en la localidad de El Cerezal.

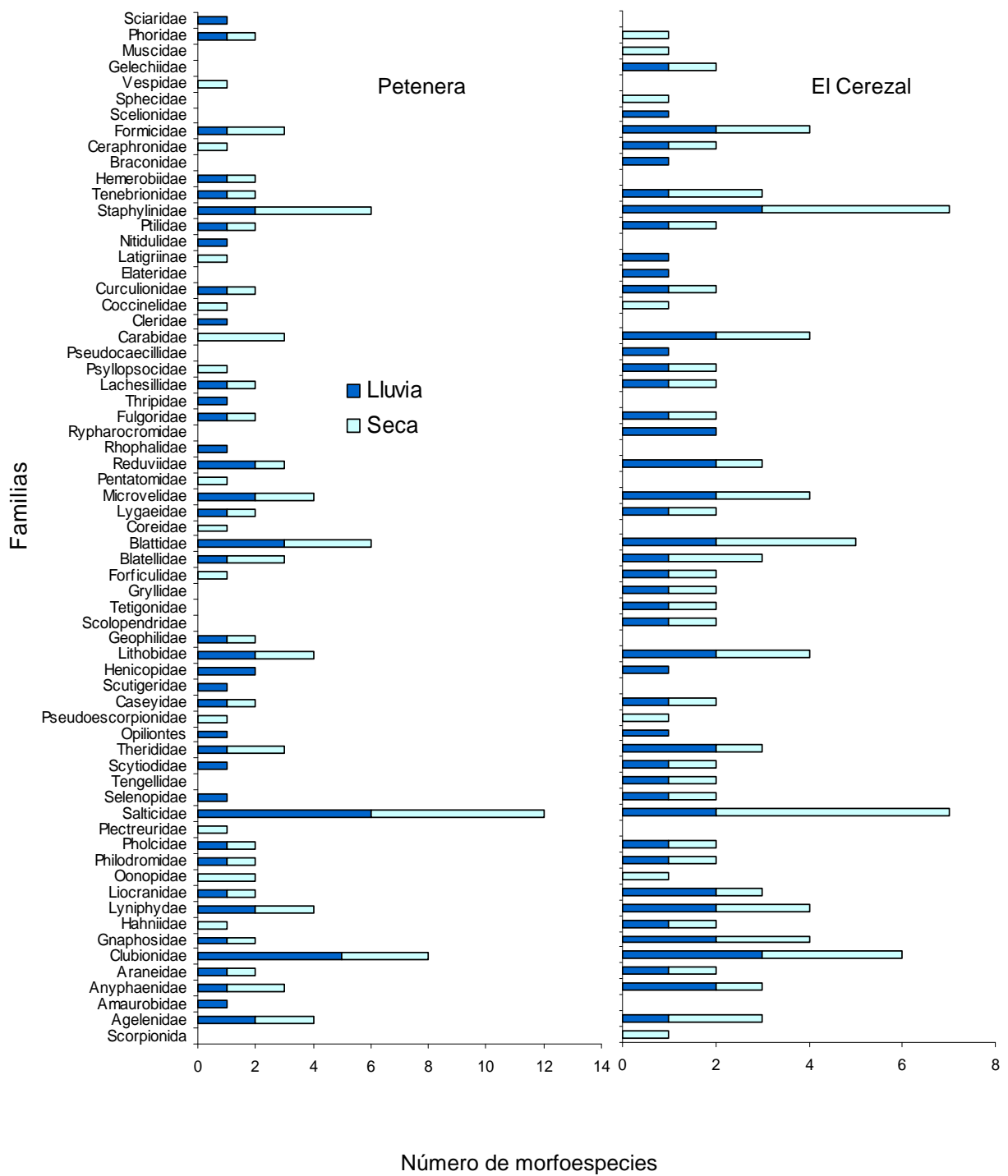


Figura 6. Riqueza de morfoespecies de las familias de macroartrópodos colectados en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.

### 5.2.3 Riqueza de morfoespecies a nivel de género

Del total de 88 géneros encontrados, 27 comparten las dos localidades tanto en época de lluvia como en época seca (Figura 8). Dentro de ellos el género *Clubiona* (Clubionidae) y *Lithobius* (Lithobiidae) fueron los que presentaron mayor riqueza con dos morfoespecies tanto en época de lluvia como en época seca en cada localidad, a diferencia de *Achaearenae* (Therididae) y *Anyphaena* (Anyphaenidae) que presentaron una morfoespecie en época de lluvia y dos en época seca en Petenera; difiriendo de El Cerezal donde estuvieron representadas por dos morfoespecies en época de lluvia y solamente una en secas. El género *Agelena* (Agelenidae) y *Euophrys* (Salticidae) presentaron dos morfoespecies en lluvias y una en secas a diferencia de El Cerezal donde se encontraron 2 morfoespecies tanto en época de lluvia como en época seca. Los 21 géneros restantes presentaron una sola morfoespecie en cada época y en cada localidad (Figura 7).

En época de lluvia 17 géneros fueron específicos y 13 en la época seca. Dentro de los géneros con mayor riqueza de morfoespecies se encontraron *Clubiona* (Clubionidae) y *Corythalia* (Salticidae) cada una con dos morfoespecies en cada época.

A nivel de género se encontraron 17 exclusivos de la localidad de Petenera y 22 en la localidad de El Cerezal.

Es importante mencionar que el 79.25% está representado por una morfoespecie y los géneros con mayor riqueza están representados solo por dos morfoespecies (20.75%).

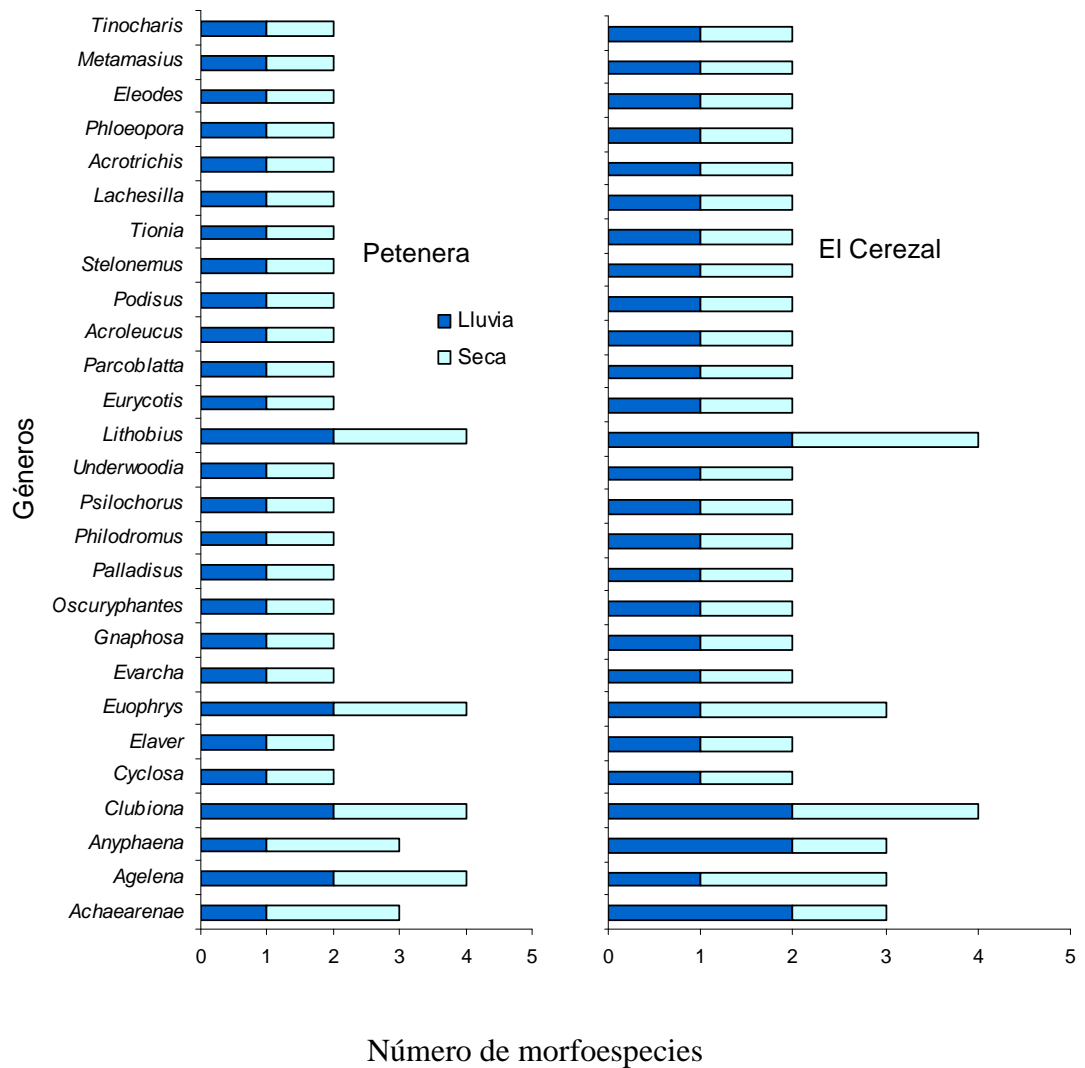


Figura 7. Riqueza de morfoespecies de los géneros que comparten las dos localidades en época de lluvia y seca.

En El Cerezal se encontraron 57 géneros, tanto en época de lluvia como en época seca, donde los mejor representados: *Clubiona* (Clubionidae) y *Lithobius* (Lithobiidae) los que a su vez se encontraron en la localidad de Petenera con la misma riqueza (Figura 8). Se presentaron 13 géneros únicos durante la época de lluvia y 14 en época seca (Figura 9).

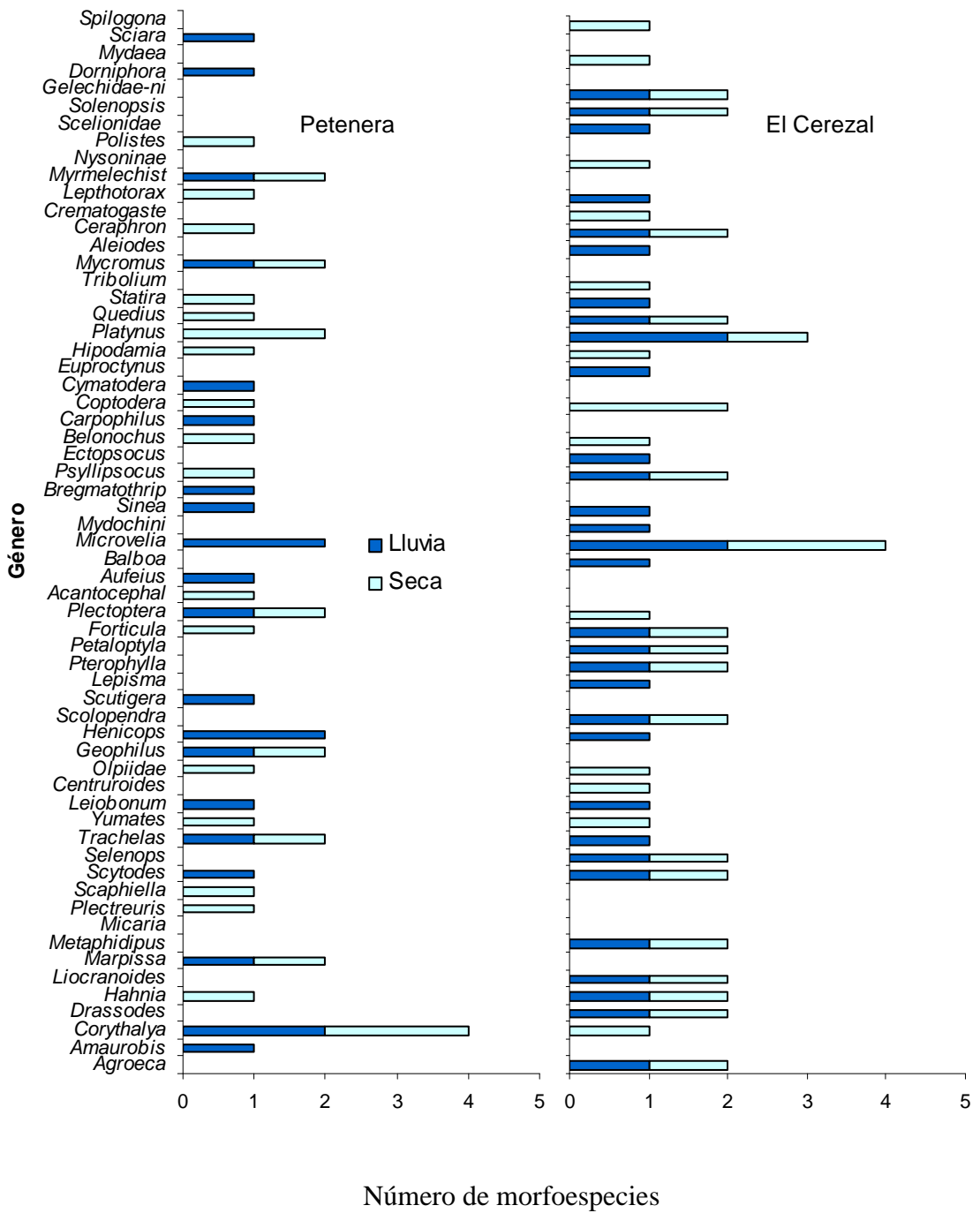


Figura 8. Riqueza de morfoespecies de los géneros representados en época de lluvia y seca en las dos localidades.

## 5.2.4 Riqueza de morfoespecies

En la localidad de Petenera durante la época de lluvia una morfoespecie fue la menor riqueza encontrada y 14 la mayor riqueza hallada en cada planta, mientras que en la época seca el mínimo de morfoespecies fue de tres y el máximo de 18 (Cuadro 1). En El Cerezal durante época de lluvia se encontró un mínimo de cuatro y un máximo de 14 morfoespecies por planta, en tanto que en época seca el mínimo fue de cinco y el máximo de 21 morfoespecies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Riqueza de morfoespecies de macroartrópodos asociados a *T. prodigiosa* en las dos localidades, durante época de lluvia y seca.

	Petenera		El Cerezal	
	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Total de morfoespecies (20 <i>T. prodigiosa</i> )	56	64	64	63
No. Promedio de morfoespecies/planta	6 ± 2	8 ± 3	9 ± 4	10 ± 3
No. mínimo de morfoespecies/planta	1	3	4	5
No. máximo de morfoespecies/planta	14	18	14	21

En Petenera durante época de lluvia se presentaron las siguientes morfoespecies exclusivas: *Amaurobis* sp1, *Micaria* sp1 y sp2, *Scytodes* sp1, *Leiobonum* sp1, *Henicops* sp1 y sp2, *Scutigera* sp1, *Aufeius*, *Sinea*, *Bregmatothrips*, *Cymatodera*, *Carpophilus*, *Dorniphora* sp1, *Sciara* sp1. Durante época seca las morfoespecies exclusivas fueron *Achaearenae* sp1, *Anyphaena* sp1, *Hahnia*, *Scaphiella*, *Yumates*, *Plectreuris*, *Olipiidae* sp1, *Forficula* sp1, *Plectoptera* sp1, *Acantocephala* sp1, *Podisus* sp1, *Psyllipsocus* sp1, *Platynus* sp1 y sp2, *Coptodera* sp1, *Statira* sp1 ,



*Hipodamia* sp1, *Belonochus* sp1, *Quedius* sp1, *Polistes* sp1, *Cerephron* sp1, *Leptothorax* sp1, *Mydaea* sp1 (Anexo 1).

En El Cerezal las morfoespecies exclusivas durante época de lluvia fueron: *Trachela* sp1, *leiobonum* sp1, *Henicops* sp1, *Lepisma* sp1, *Mydochini* sp1, *Balboa* sp1, *Sinea* sp1, *Ectopsocus* sp1, *Platybus* sp1, *Statira* sp1, *Euproctynus* sp1, *Aleiodes* sp1, *Leptothorax* sp1. Durante época seca: *Yumates* sp1, *Euophrys* sp1, *Corithalya* sp2, *Evarcha* sp1, *Olipiidae* sp1, *Plectoptera* sp1, *Tribolium* sp1, *Nyssoninae* sp1, *Crematogaster* sp1, *Mydaea* sp1, *Spilogona* sp1 (Anexo 1).

### **5.3 Representatividad del muestreo a través de las curvas de acumulación y esfuerzo de muestreo**

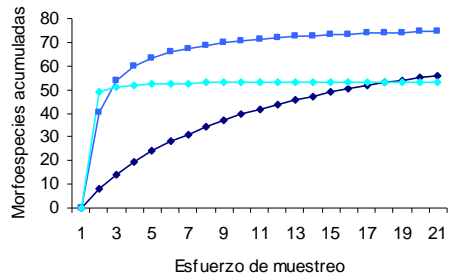
En Petenera en época de lluvia se obtuvo un registro de 56 morfoespecies, alcanzando un 55 % de lo que predice el modelo de Clench (MC), pues para llegar a la asíntota según este modelo necesitamos 86 morfoespecies. Sin embargo, de acuerdo al modelo de dependencia lineal (MDL), para alcanzar la asíntota se necesitan 59 morfoespecies, por lo cual de acuerdo a lo predicho por este modelo faltaron registrar tres morfoespecies (Figura 9, A).

En Petenera en época seca se registraron 64 morfoespecies, representando el 78% de las especies predichas por el modelo de Clench (81 morfoespecies). El número de morfoespecies observadas en este trabajo (64) fue superado ligeramente por el número de morfoespecies predichas por el modelo de dependencia lineal, que estimo 66 de ellas para llegar a la asíntota de la curva (Figura 9, B).

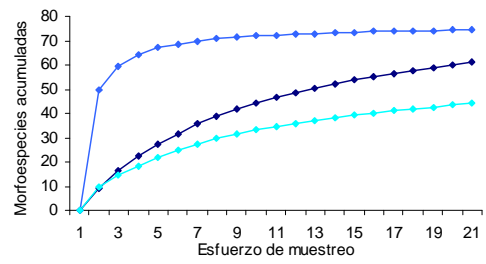
En Petenera independientemente de la época, el modelo de Clench predice que el número de morfoespecies esperadas con el esfuerzo de muestreo realizado es de 101 morfoespecies y el modelo de dependencia lineal predice 81, por lo cual, las especies observadas con un total de 40 plantas fueron de 77 morfoespecies. Esto indica que no dista mucho de las especies predichas por el modelo de Clench y el de dependencia lineal (Figura 9, C).

En El Cerezal durante la época de lluvia se registraron 64 morfoespecies. El modelo de Clench predice una riqueza de 94 morfoespecies para llegar a la asíntota, por su parte el modelo de dependencia lineal indica 73 morfoespecies, observando que respecto al modelo de Clench faltaron 30 morfoespecies y con el modelo de dependencia lineal sólo 9 morfoespecies. Durante la época seca se obtuvo un registro de 63 morfoespecies. De acuerdo al modelo de Clench se requieren de 73 morfoespecies para alcanzar la asíntota, y el modelo de dependencia lineal estima un total de 69 morfoespecies considerando de acuerdo a este modelo que hicieron falta 6 morfoespecies para alcanzar la asíntota (Figura 9; D y E).

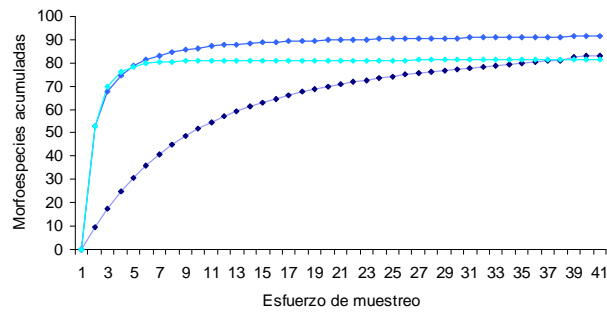
En El Cerezal, el modelo de Clench predice un total de 96 morfoespecies y el modelo de dependencia lineal estima 76 morfoespecies en total. El número observado en este estudio fue ligeramente mayor al de dependencia lineal con 77 morfoespecies (Figura 9; F).



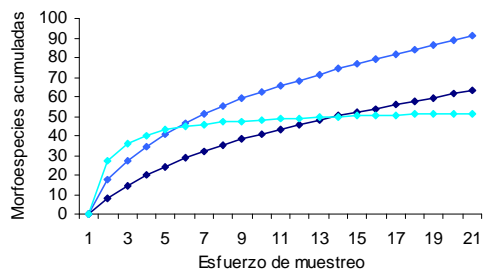
A.



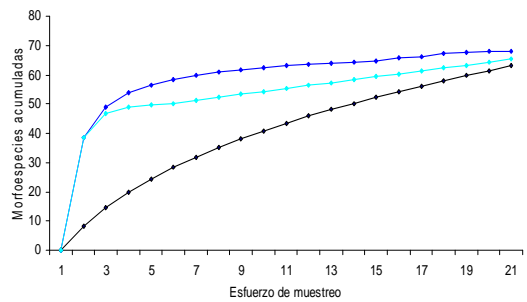
B.



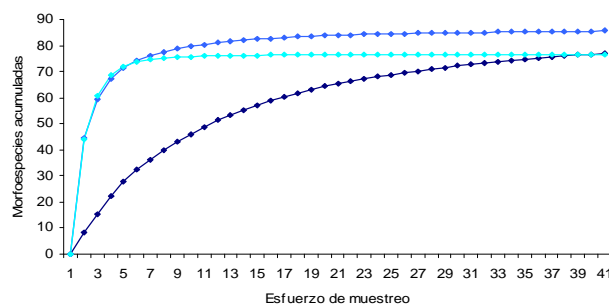
C.



D.



E.



F.

—◆— Observadas —■— Clench (MC) —●— Dep. lineal (MDL)

Figura 9. Curvas de acumulación de especies ajustadas y observadas. A. Petenera, época de lluvia, B, Petenera época seca, C, Promedio en Petenera. D, El Cerezal época de lluvia. E. El Cerezal época seca, y F. Promedio en El Cerezal.

#### 5.4 Abundancia de individuos de macroartrópodos

En el análisis de varianza se observó que no hubo interacción entre el factor época - localidad ( $F=0.28$  y  $P =0.59$ ) en cuanto a la abundancia de macroartrópodos.

Entre las localidades Petenera y El Cerezal no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $F=0.45$  y  $P =0.50$ ) pero sí se presentaron diferencias entre épocas ( $F=4.92$  y  $P =0.02$ ), dentro de cada localidad Anexo 2.

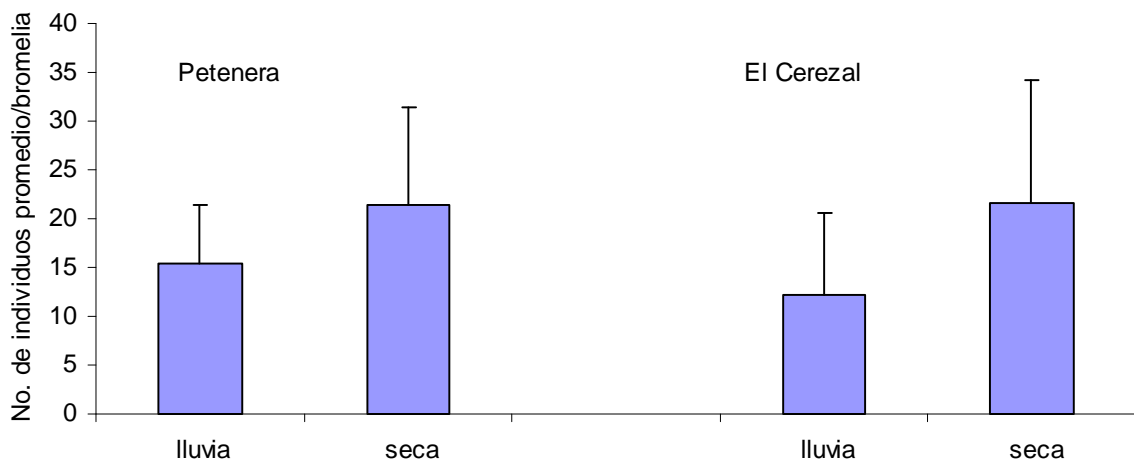


Figura 10. Variación espacial y estacional de la riqueza de morfoespecies por bromelia

Durante los cuatro periodos de muestreo se presentó una abundancia de 1509 individuos de macroartrópodos, siendo el orden Araneae el más abundante, representado con 573 individuos, seguido de Coleoptera con 388, Hemíptera con 155 individuos y los órdenes Blattodea y Lithobiomorpha con 98 y 96 individuos respectivamente. El 29% de las morfoespecies presentó sólo un individuo (Figura 11).

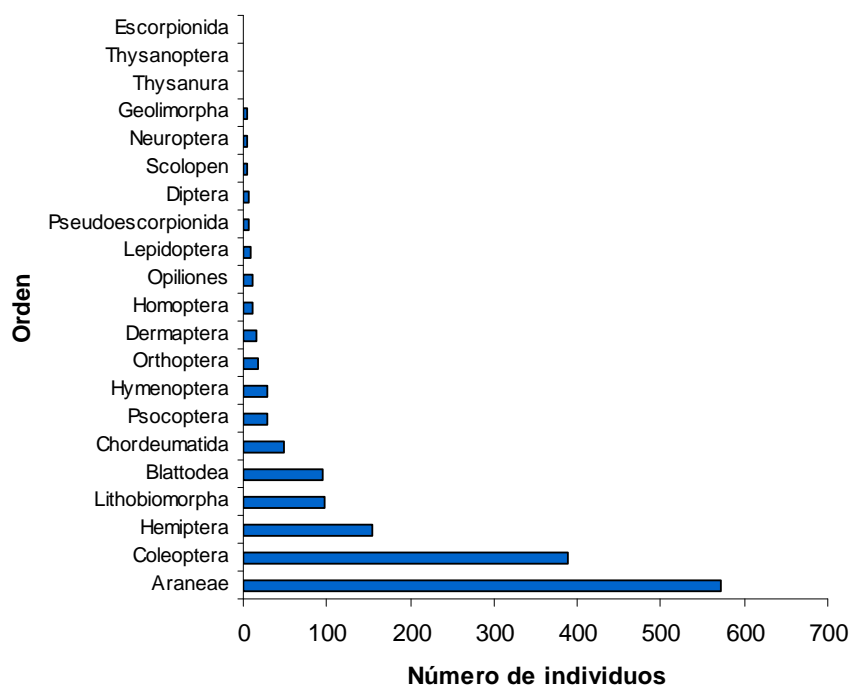


Figura 11. Abundancia de macroartrópodos adultos encontrada en la localidad de Petenera y El Cerezal durante los cuatro muestreos realizados en época de lluvia y seca.

En la Figura 11, se puede observar que los órdenes que presentaron menor abundancia fueron Scorpiones y Thysanoptera con un solo organismo, Thysanura y Neuroptera con tres, Geolimorpha y Scolopendra, con cuatro individuos cada uno de ellos.

#### 5.4.1 Abundancia de individuos a nivel de orden

La abundancia en Petenera fue de 735 individuos, de los cuales 307 se encontraron en época de lluvia y 428 en época seca, presentándose el orden Araneae como el más abundante tanto en época de lluvia como en seca con 149 y 208 individuos respectivamente, el segundo orden fue Coleoptera (30 en lluvias y 112 en secas), Blattodea (46 y 26), Lithobiomorpha (40 y 14) y por último Hemíptera (14 y 28) Figura 12.

En El Cerezal se encontró un total de 774 individuos, 343 en época de lluvia y 431 en época seca, los órdenes más abundantes fueron Coleoptera con 97 individuos en época de lluvia y 146 en época seca, en segundo lugar se encontró Araneae con 79 y 137 individuos respectivamente, Hemiptera 67 y 46, Lithobiomorpha 17 y 27 y Chordeumatidae presento 37 individuos en época de lluvia disminuyendo considerablemente a solo 3 individuos en época seca (Figura 12). El orden escorpionida solo se presento en la localidad de El Cerezal solo con un individuo, Scolopendra cuatro, Thysanura tres, Orthoptera 18 y Lepidoptera con ocho individuos.

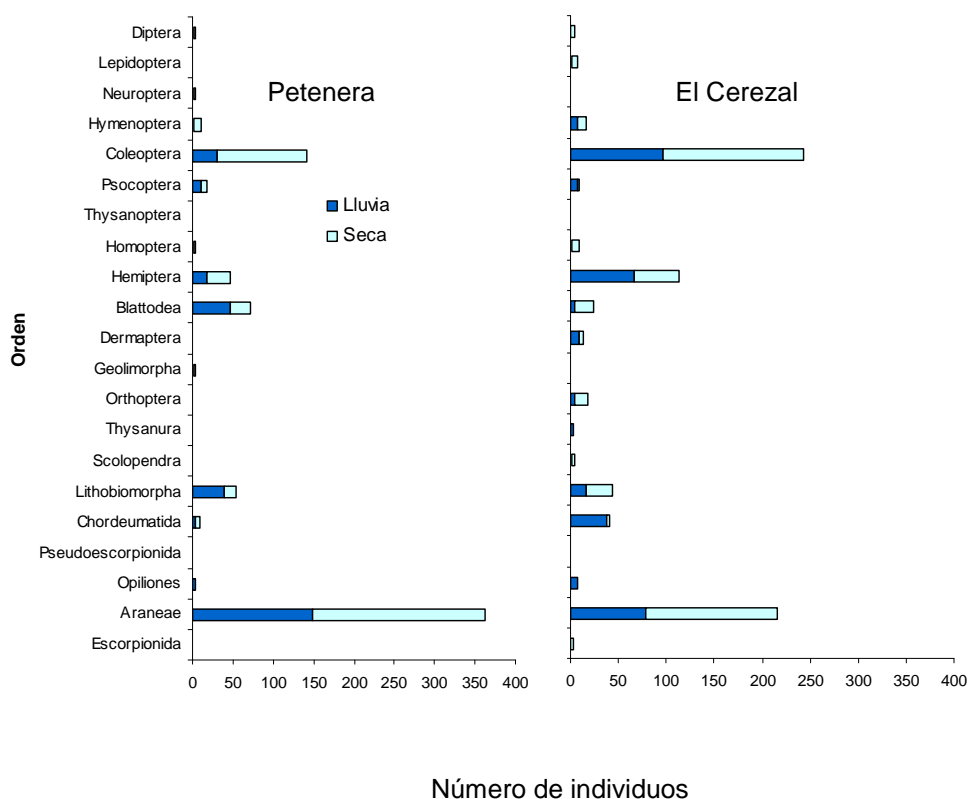


Figura 12. Abundancia de macroartrópodos a nivel de orden durante dos épocas estacionales en las dos localidades de estudio.

#### 5.4.2 Abundancia a nivel de familia

En Petenera las familias más abundantes fueron Staphylinidae que presentó 19 individuos en época de lluvia, pero ascendió a 86 individuos en época seca, Salticidae 36 y 67, Liniphidae 22 y 40, Clubionidae 24 y 35, Agelenidae 17 y 25, Blatellidae 24 y 13 y por último la familia Hemicopidae representada por 22 individuos en lluvia, pero en época seca no se encontró ninguno. En la Figura 16, se puede observar que las tres primeras familias más abundantes (Staphylinidae, Salticidae y Liniphidae) presentaron el doble de individuos en época de seca que en época de lluvia.

En El Cerezal la familia más abundante fue Staphylinidae que presentó 46 y 92 individuos en época de lluvia y seca respectivamente, seguida de Pholcidae (12, 35), Lithobiidae (16,27), Caseyidae (37,3), Curculionidae(14,17) y Hahniidae(6 y 20) Figura 13.

Con la comparación entre localidades observamos que 13 familias fueron exclusivas de Petenera y 15 en El Cerezal. En cuanto a dípteros la familia Muscidae no se presentó en la localidad Petenera y si, en El Cerezal pero solo con un organismo, de manera contraria la familia Sciaridae solo se presentó en Petenera con un individuo y no en El cerezal, de manera contraria la familia Phoridae se presentó en las dos localidades de muestreo.

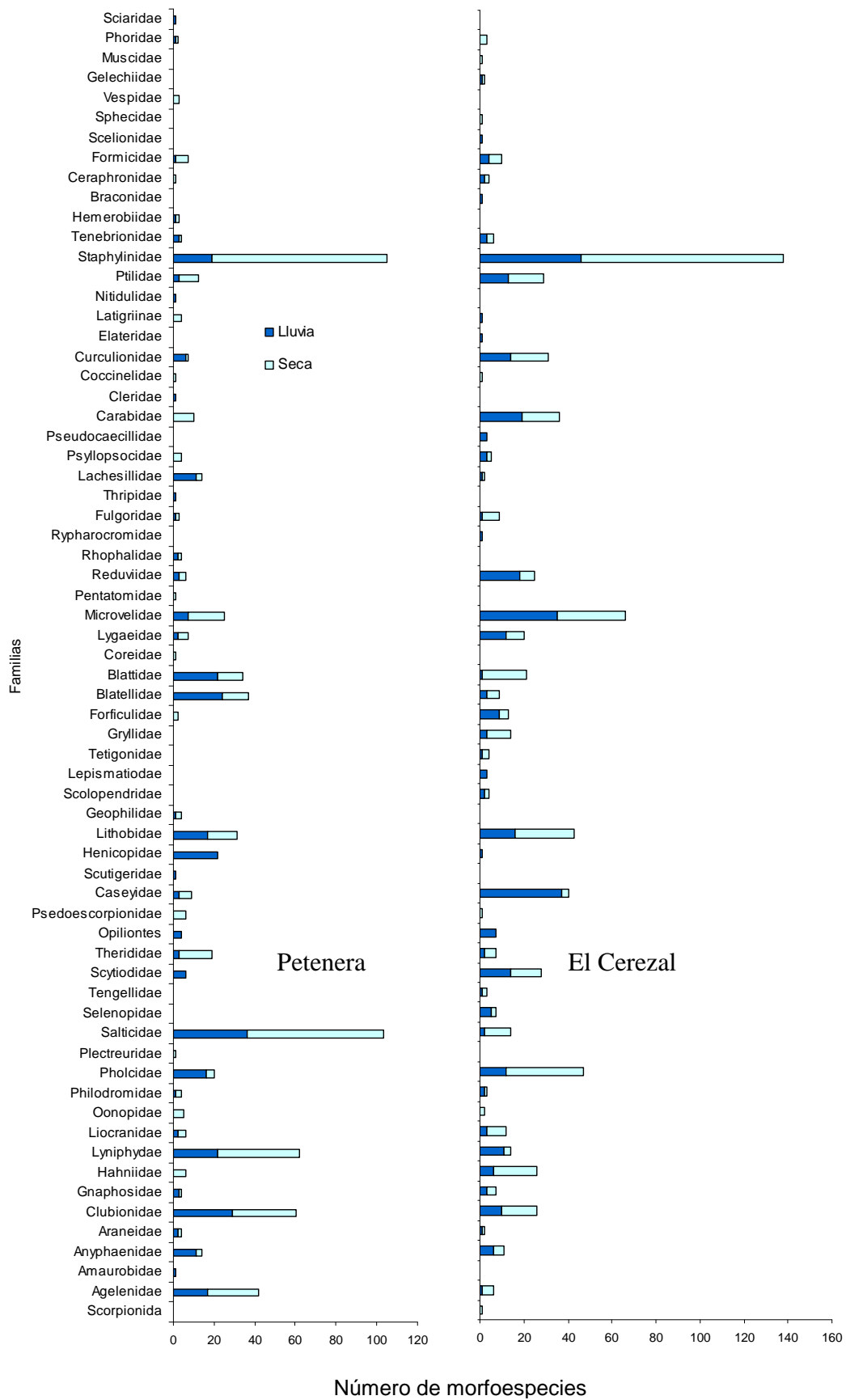


Figura 13. Abundancia de macroartrópodos por cada familia en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.



### 5.4.3 Abundancia a nivel de género

En Petenera el género *Phloeopora* (Staphylinidae) fue el más abundante con 17 individuos en época de lluvia y 57 en época seca, seguida del género *Palladius* (Lyniphidae) con 21 y 32, *Evarcha* (Salticidae) 3 y 45, *Agelena* (Agelenidae) 17 y 25 y finalmente *Parcoblatta* (Blatellidae) con 24 y 13 respectivamente, *Clubiona* (Clubionidae) 18 y 19, *Euophrys* (Salticidae) 11 y 10, *Lithobius* (Lithobiidae) 17 y 14. Figura 14.

En El Cerezal al igual que Petenera el género que presentó mayor abundancia fue *Phloeopora* (Staphylinidae) con 37 y 59 individuos, correspondientes a la época de lluvia y época de seca respectivamente; le siguieron *Psilochorus* (Pholcidae) con 35 y 12, *Lithobius* (Lithobiidae) 27 y 16, *Underwoodia* (Caseyidae) tres y 37. Figura 14.

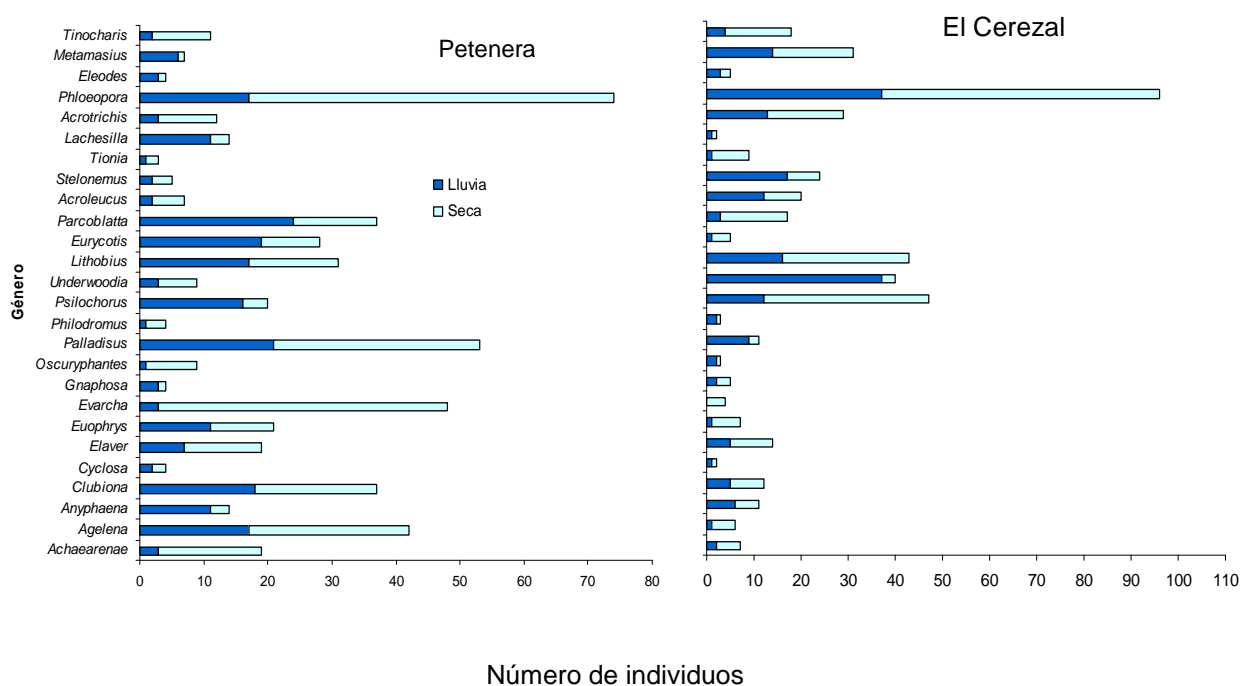


Figura 14. Abundancia de macroartrópodos a nivel de género que comparten Petenera y Cerezal durante las dos épocas estacionales.

En la localidad de Petenera se presentaron 19 géneros exclusivos en época de lluvia y sólo 13 en época seca, mientras que en El Cerezal 13 fueron exclusivos tanto en época seca como en época de lluvia (Figura 15).

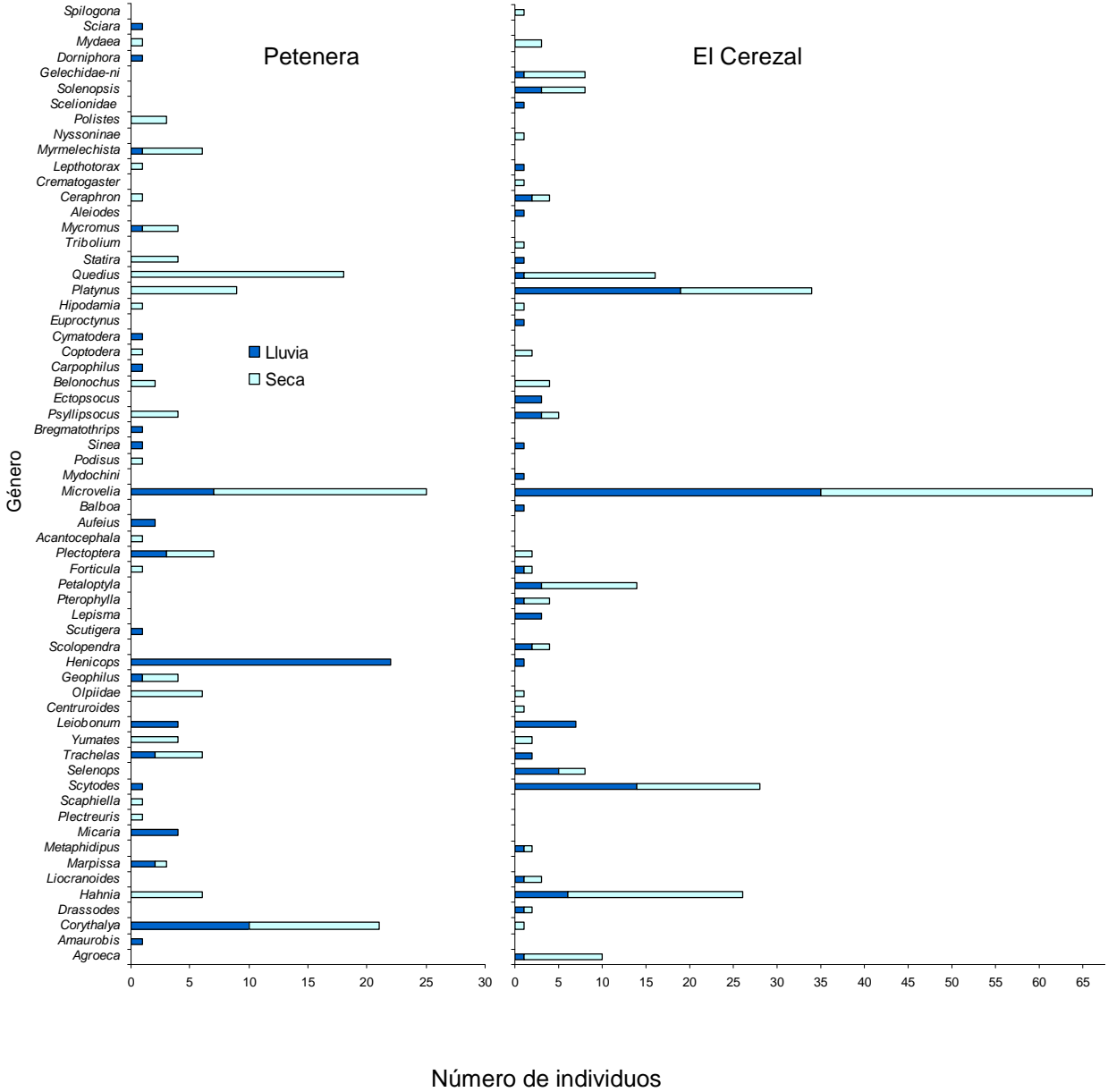


Figura 15. Géneros de macroartrópodos presentes en Petenera y El Cerezal durante dos épocas estacionales.

#### 5.4.4 Abundancia de individuos por morfoespecie

En Petenera las morfoespecies más abundantes fueron *Parcoblatta* con 21 individuos durante la época de lluvia y disminuyó en época seca a solo 9 individuos, posteriormente *Agelena* sp 1 (14 y 19), *Clubiona* sp 1 (15 y 15), *Lithobius* sp 1 (12 y 5), *Euophrys* sp 2 (12 y 1) y *Anyphaena* sp 1 (11 y 1), observando que las últimas tres morfoespecies disminuyen considerablemente en época seca (Anexo 1).

El menor número de individuos por bromelia fue de uno y el máximo de 26 durante la época de lluvia, valores que difieren de la época seca con un mínimo de cuatro y el máximo de 29. En promedio solo el 26% de las morfoespecies presentó un solo individuo en las dos épocas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancia, promedio, mínimos, máximos de individuos hallados por planta en Petenera.

	Petenera	
	Lluvia	Seca
Total de individuos (20 <i>T. prodigiosa</i> )	307	428
No. Promedio de individuos/planta	15±6	21±10
No. mínimo de indiv./planta	1	4
No. máximo de indiv./planta	26	29
% de morfoespecies con un solo individuo	(25%)	(27%)

Las morfoespecies más representativas en El Cerezal fueron: *Microvelia* sp 1 representada con 25 individuos en época de lluvia y 29 en época de seca, seguida de *Lithobius* sp 1 representado con 36 individuos (13 y 23) respectivamente,

*Parcoblatta* sp1 (11 y dos), *Microvelia* sp 2 (10 y dos), *Anyphaena* sp1 (cinco y cinco), y *Lithobius* sp 2 (tres y cuatro) (Anexo 1).

En El Cerezal 42 morfoespecies estuvieron representadas por un solo individuo, de las cuales 27 se encontraron durante la época de lluvias y 15 durante la época seca (Cuadro 3). En cada planta se encontró un promedio de 21 individuos, durante la época de lluvias y 22 en secas, observándose que durante época seca los individuos encontrados por bromelia fue dos veces más alto que en época de lluvia (Cuadro 3)

Cuadro 3. Abundancia total, promedio, mínimos y máximos de individuos de macroartrópodos encontrados por planta en El Cerezal.

	Cerezal	
	Lluvia	Seca
Total de individuos (20 <i>T. prodigiosa</i> )	428	431
No. Promedio de individuos/bromelia	21±11	22±12
No. minimo de indiv./bromelia	3	8
No. maximo de indiv./bromellia	33	62
Spp con un solo individuo	(42%)	(24%)

### 5.5 Diversidad de macroartrópodos

Los resultados del análisis de varianza indicaron que en relación a la diversidad no existió interacción significativa entre los factores localidad y época (F=1.71; P= 0.19); Contrariamente si hubo diferencias significativas entre localidades (F=5.13 y P=0.02) y entre épocas (F=4.83 y P= 0.03). Anexo 2.

El índice de Shannon- Wiener como estimador de la diversidad de macroartrópodos estableció que la localidad de Petenera que se encuentra a una altitud de 2547 msnm presento mayor diversidad tanto en época de lluvia (H= 1.55) como en época seca (H= 1.53) en comparación con El Cerezal (2,330 msnm) que presentó un índice de H= 1.51 durante época de lluvia y de H=1.52 durante época seca.

Con la prueba de t-Student se determinó que hubo diferencias significativas en el índice de diversidad (H) entre Petenera y El Cerezal y entre las épocas de muestreo rechazando la hipótesis nula de que las dos épocas son iguales en la diversidad de macroartrópodos, este mismo comportamiento se observo al comparar las dos localidades durante época de lluvia observando que si existieron diferencias estadísticamente significativas, al igual que en la comparación de las dos localidades durante época seca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de t-Student para la comparación del índice de diversidad de Shannon obtenido en las dos localidades (Petenera y El Cerezal) durante las dos épocas (lluvia y seca).

	PETENERA	EL CEREZAL
T-Student	SECA	LLUVIA
PETENERA	tc=5.86	2.36
LLUVIA	Se rechaza	Se rechaza
CEREZAL	tc=2.36	17.85
SECA	Se rechaza	Se rechaza

\* $t_{tab} = 1.68$ ; g.l.=38

## 5.6 Correlación

En el Cuadro 8 se muestran los valores de correlación entre las variables riqueza, abundancia y diversidad y las características morfológicas de la planta, observándose que aunque estos valores son bajos son significativos estadísticamente.

La altura de la planta influyó en la abundancia de macroartrópodos en Petenera ( $r = 0.47$ ) y en El Cerezal ( $r=0.33$ ). También el número de hojas influyo en la riqueza ( $r = 0.446$ ) y diversidad ( $r = 0.497$ ) de macroartrópodos en El Cerezal.

Cuadro 5. Correlación de Pearson ( $r$ ) entre la abundancia, riqueza y diversidad de macroartrópodos y las características morfológicas de *T. prodigiosa*.

Localidad	Variables	Petenera			Cerezal		
		Riqueza	Abundancia	Diversidad	Riqueza	Abundancia	Diversidad
Altura	r	.129	.466**	-.204	.308	.327*	.263
	Sig.	.444	.003	.220	.060	.045	.111
No. de hojas	r	-0.74	-0.97	-.086	.446**	-.318	.497**
	Sig.	.672	.568	.613	.005	.052	.001
Cavidades	r	-.061	.329	-.133	-.102	-.186	.003
	Sig.	.761	.094	.508	.605	.343	.988
Peso seco	r	.319	.373	.269	-.133	-.137	.099
	Sig.	.148	.087	.225	.638	.625	.724
M. O	r	.187	.196	.259	.376	.144	.200
	Sig.	.606	.587	.469	.360	.734	.635

Correlación en negrita son significativos a un  $\alpha=0.05$  y \*\* significativa al  $\alpha=0.01$

## VI. DISCUSIÓN

Este estudio establece los primeros datos de diversidad de macroartrópodos en bromelias en bosque de pino-encino en el estado de Oaxaca, México ya que se han realizado trabajos enfocados a la interacción planta-animal en otros países como Colombia, Venezuela, Brasil, USA, y Ecuador; y además han sido realizados en diferentes ecosistemas como bosque de niebla, bosque de montaña y bosque tropical entre otros. dentro de los que se pueden mencionar los de Palacios (1982), Beutelspacher (1999) y el trabajo de Rojas y Casanova (2002) que es el único que se ha realizado también en bosque de encino. Sin embargo estos estudios no engloban el análisis de la variación espacial y temporal además de determinar las características de las plantas que influyen en la composición de los individuos estudiados.

También es importante mencionar que en la mayoría de los trabajos el análisis de diversidad lo han realizado a nivel de orden o familia, por ejemplo Murillo *et al.* (1983), Mestre *et al.*, (2001) y Stuntz (2002). Los trabajos analizados a nivel de subfamilia o género han sido porque solo se trabaja con un grupo específico; por ejemplo, el trabajo de Romero *et al.* (2005) quienes trabajaron con la familia Salticidae (Araneae), Gutiérrez- Chacón y Ulloa (2005) quienes estudiaron la composición de la familia Staphylinidae y Palacios (1979) quien trabajó solamente con collembolos.

## Riqueza de morfoespecies

En general, durante los cuatro muestreos el orden con mayor riqueza de morfoespecies fue Araneae, que es considerado como un grupo faunístico muy diverso y ampliamente distribuido en los ecosistemas terrestres, invadiendo incluso algunos ambientes dulceacuícolas, debido a su facilidad para dispersarse y colonizar nuevos hábitats (Halaj *et al.*, 1998). Las arañas son consideradas depredadoras generalistas cumpliendo una función de regulación en las poblaciones de artrópodos (Rinaldi *et al.*, 1997), de esta forma se puede sugerir que su riqueza se debió a que dentro de las bromelias encontraban a sus presas, coincidiendo con los estudios realizados por Mestre *et al.* (2004), Stuntz (2002) y Cotgreave *et al.* (1993), quienes también encontraron al orden Araneae con mayor riqueza.

En segundo lugar se encontró al orden Coleoptera con el mayor número de morfoespecies, seguido de Hemiptera e Hymenoptera los cuales se encuentran dentro de los cinco órdenes con mayor riqueza a nivel mundial. Esto nos sugiere que la alta riqueza de estos grupos encontrada en este estudio fue proporcional a su riqueza existente. Estos resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Mestre *et al.* (2001), Rojas-Casanova (2002) Ospina *et al.* (2004) y Sánchez y Amat-García (2005), quienes también encontraron a éstos grupos con mayor riqueza de morfoespecies.

Dentro de los órdenes con menor riqueza se encontraron los dípteros, a diferencia de los trabajos realizados por Ospina-Bautista (2004); Sánchez y Amat-García (2005) y Liria (2007), quienes registraron al orden Diptera como el de mayor riqueza,



pero en estado larvario encontrados básicamente en el agua que había dentro de la bromelia esto debido a que este tipo de insectos necesitan agua para su desarrollo larvario, y tienen una vida corta en estado adulto; en este estudio aunque encontramos de manera considerable larvas de díptero no se incluyeron debido a que solo nos enfocamos a individuos adultos, lo anterior nos refleja la importancia de las bromelias como uno de los hábitats para los organismos en las diferentes etapas de su ciclo de vida, ya que les proporciona diversos servicios dependiendo de sus necesidades, ya sea para su desarrollo, como refugio para protegerse de sus depredadores o de condiciones de clima extremo y como un lugar donde pueden encontrar su alimento (Frank, 1983 y Stuntz *et al.*, 2002).

A nivel de familia, Salticidae (Araneae) presentó mayor riqueza de morfoespecies, seguida de Clubionidae perteneciente al mismo orden y Staphylinidae (Coleoptera). En trabajos sobre la diversidad de arañas realizados por Rico *et al.* (2005); Silva (1996), Silva y Coddington (1996), Florez (1999), Stuntz (2002), encontraron a la familia Salticidae dentro de las mejor representadas junto con Araneidae y Theridiidae, pero no hacen mención alguna a Clubionidae. De acuerdo a Kaston (1983), Salticidae es una de las familias con mayor riqueza de géneros. Los miembros de esta familia son arañas cazadoras y dado que las bromelias pueden albergar gran cantidad de artrópodos esto podría ser suficiente para sostener una población considerable de arañas cazadoras en este caso Salticidae. Respecto a Clubionidae, éste mismo autor menciona que son comúnmente encontradas sobre el follaje o en hojas en roseta; este tipo de arreglo es proporcionado por las bromelias lo cual les facilita la construcción de sus refugios tubulares.

Por su parte Stuntz (2002) menciona que esta familia de arañas utiliza como refugio las hojas muertas depositadas en el tanque de las bromelias, es por ello que consideramos encontramos a esta familia como una de las que presentaron mayor riqueza, cabe mencionar que los autores que no hacen mención a esta familia se debe a que sus trabajos fueron realizados en un bosque seco, en estratos con vegetación baja y arbustiva, caracterizada por cactus columnares, uña de gato y aunque se encontraban bromelias, sus muestreos no fueron específicamente dentro de alguna especie de bromelia.

En cuanto a la alta riqueza de la familia Staphylinidae, Navarrete-Heredia *et al.* (2002) señala que esta familia ocupa el segundo lugar en riqueza con más de 47,000 especies. Al igual que las arañas son considerados depredadores generalistas, por lo que se sugiere que la planta les provee de alimento, debido a que los ácaros y colémbolos encontrados dentro de las bromelias forman parte de su alimentación, también les provee de materia orgánica en descomposición ya sea vegetal o animal dado que en su mayoría ésta familia presenta hábitos saprófitos, y obtiene la humedad que requieren éstos individuos para su supervivencia.

En este trabajo no se presentó un patrón definido en cuanto a la variación de la riqueza entre épocas. No obstante en otros trabajos si encontraron mayor riqueza en época seca dentro de los que podemos mencionar los trabajos hechos por (Murillo *et al.*, 1983; Ingunza (1995) y Liria (2007) encontraron mayor riqueza en época seca; a diferencia de Rojas *et al.* (2002) quienes encontraron en época de lluvia la riqueza más alta. A pesar de que el número total de especies fue muy similar entre las dos épocas, no implica que sean las mismas especies; lo que indica, una especificidad

por la época, coincidiendo con Murillo *et al.* (1983) en que no hay un patrón en la variación estacional de artrópodos y que algunas especies prefieren la época seca y otras la época de lluvia. En este trabajo las morfoespecies de los géneros *Achaearenae* y *Anyphaena* del orden Araneae y *Platynus* (Coleoptera), en las dos localidades estuvieron mejor representadas durante época de lluvia y disminuyeron en época seca, en tanto que los géneros *Clubiona*, *Corythalia* y *Microvelia* tuvieron la misma riqueza tanto en época de lluvia como en seca, lo que podría estar indicando que éstos tres últimos géneros utilizan a las bromelias como refugio para protegerse de las lluvias y también de la desecación.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de morfoespecies encontradas entre localidades, y en cuanto a la composición de morfoespecies encontradas en ambos sitios, lo cual podría estar indicando que las diferencias en la altitud y el tipo de vegetación entre localidades está influyendo en la riqueza de morfoespecies, lo que puede respaldarse con lo sugerido por Rico *et al.* (2005) quienes mencionan que el tipo de hábitat en la composición de artrópodos generalmente influye en la composición de la comunidad, ya que muchas veces la preferencia del hábitat se da a diferente nivel taxonómico o de acuerdo a los hábitos alimenticios de determinado grupo (Fagua, 1999). Esto explica por que no se encontraron las mismas especies en las dos localidades.

Gutiérrez- Chacón (2006) encontró alto recambio de especies en Stafilinidos en un bosque seco, sugiriendo que los miembros de esta familia presentan estrechos rangos de distribución altitudinal.

Estos resultados son diferentes a nuestro estudio, lo cual podría explicarse por las diferencias en las características ambientales de cada sitio de estudio, ya que el bosque seco se caracteriza por sus temperaturas altas, con baja o nula precipitación lo cual repercute en la preferencia de los stafilínidos encontrándose en estrechos rangos altitudinales, el bosque de pino-encino presenta clima templado, contando con la humedad que es preferida por este grupo de organismos ya que como se menciono anteriormente prefieren hábitats húmedos. Asimismo, Lassau (2005) menciona que los Stafilínidos prefieren hábitats complejos dentro de los cuales puede encontrar gran variedad de alimento, cumpliendo con estos requisitos las bromelias.

La curva de acumulación de especies para todos los grupos analizados señala que la cifra de especies encontradas dentro de las bromelias puede tener todavía un incremento en la curva de acumulación de acuerdo al modelo de Clench sin embargo de acuerdo con el modelo de Dependencia lineal en un muestreo el número de morfoespecies observadas en este trabajo fue mayor que el número estimado por este modelo, por lo cual se considera que el esfuerzo de colecta fue adecuado considerando el número de muestras observadas en campo, ya que las curvas tienden a llegar a la asíntota. No obstante se esta conciente que para grupos mega diversos como los artrópodos el esfuerzo de colecta generalmente es insuficiente para alcanzar altos niveles de riqueza de especies en la curva de acumulación.

En la mayoría de los trabajos realizados enfocados a este tema no se ha alcanzado la asíntota, por mencionar algunos (Silva *et al.*, 1996; Soberon *et al.*, 2002,

Armbruster 2002; Gutiérrez-Chacón y Ulloa-Chacón 2005, a excepción del trabajo realizado por Richardson (1999) que obtuvo 15,599 individuos en una colecta de 120 plantas, mostrando que las curvas de acumulación tendían a llegar a la asintota, puesto que su esfuerzo de muestreo fue el adecuado para coleccionar las especies que comúnmente habitan las bromelias, considerando que al aumentarlo coleccionaría también especies visitantes, conocidas como turistas, sin embargo este autor incluyó en sus análisis los estados larvarios.

Posiblemente al aumentar el esfuerzo de colecta aumente el número de morfoespecies observadas; sin embargo, hay que tener presente que existen muchos factores que pueden influir en la riqueza, abundancia y diversidad de morfoespecies.

### **Abundancia**

El orden Araneae fue el más abundante coincidiendo con los trabajos realizados por (Oliveira *et al.* (2004), quienes encontraron que las arañas son la fauna más abundante en la comunidad asociada a las bromelias, así como con Stuntz (2002) quien encontró a las arañas como el segundo grupo más abundante. Con los datos aquí registrados consideramos que las características físicas y estructurales de las bromelias son preferidas por el orden Araneae porque les facilitan el acceso a la gran disponibilidad de presas, pues de acuerdo a Halaj *et al.* (1998) la combinación de éstas dos características juegan un papel importante en la distribución de las arañas.

Los ordenes Coleoptera y Hemiptera además de que presentaron mayor riqueza también fueron los más abundantes. Estos grupos se han registrado como los de mayor abundancia en los trabajos realizados por Murillo *et al.* (1983), Rojas y Casanova (2002) y Ospina-Bautista *et al.* (2004).

En magnitud de abundancia siguen los ordenes Lithobiomorpha y Blattodea a pesar de que se encontraron entre los grupos con menor riqueza de morfoespecies. Probablemente esta abundancia está relacionada con los hábitos alimenticios de éstos grupos ya que Lithobiomorpha es considerado depredador y Blattodea es detritívoro, tomando en cuenta que ambos alimentos pueden ser provistos por las bromelias.

La composición y abundancia de las familias en las dos localidades fue diferente, a excepción de la familia Staphylinidae que estuvo representada con mayor número de individuos en las dos localidades, es decir no presentó variación espacial, pero sí presentó variación estacional. Debido a que durante época seca encontramos mayor abundancia de éste grupo; podemos sugerir que los estafilínidos ocupan durante el periodo seco a la bromelia como un refugio para protegerse del clima extremo, pues les provee de cierta humedad.

En Petenera, Salticidae fue la segunda familia más abundante durante la época seca, coincidiendo con Liria (2007) quien menciona que ésta familia presentó mayor abundancia en época seca; Kaston (1983) señala que esta familia tiene una característica peculiar que consiste en que varias arañas de la misma especie

construyen sus nidos para hibernar lo cual podría explicar la abundancia encontrada en este estudio.

En tercer lugar se encontró a la familia Liniphyidae que también presentó variación estacional, la presencia de ésta familia se puede atribuir a que su alimentación consiste de colémbolos lo cual podría ser ventajosa en las condiciones de humedad que caracterizan a las bromelias debido a que dicho factor ha sido determinado como influyente en la actividad, densidad y distribución espacial de este taxón (Álvarez *et al.*, 1999). El tamaño pequeño de estas familias les haría más susceptibles a la desecación por lo cual presentan esta preferencia por un microhábitat húmedo. En El Cerezal después de los estafilínidos, se encontró a Psilochorus (Araneae) Lithobiidae, registrándose mayor número de individuos de estas familias durante la época seca. Coincidiendo con Stuntz (2002) en que las bromelias durante la época seca son capaces de garantizar la cantidad de agua mínima para tener la humedad necesaria requerida por una gran cantidad de fauna asociada. Así mismo, Yanoviak (2006) señala que en estación de seca muchos individuos emigran verticalmente del suelo al dosel para encontrar condiciones disponibles de humedad y temperatura, encontrando éstas condiciones dentro de las bromelias, lo que explica el incremento de la abundancia de éstas especies durante la estación de seca.

En el caso del escorpión *Centruroides nigrovariatus*, fue la única especie encontrada durante los cuatro muestreos y de acuerdo a Armas *et al.*, 2003 es una especie monotípica restringida a las partes altas del valle de de Oaxaca y sus proximidades.

## Diversidad

Petenera presentó mayor diversidad probablemente a que ésta localidad se encuentra a mayor altitud (2,547msnm) que El Cerezal (2,330 msnm) lo que le confiere mayor humedad considerándose un lugar mas adecuado y agradable para las preferencias de los macroartrópodos presentes, de acuerdo a Richardson (1999).

Un factor que probablemente esté influyendo en la diversidad es que Petenera presenta menor cantidad de bromelias epífitas por lo cual consideramos existen menos refugios para la diversidad de artrópodos y de ésta manera hay mayor concentración de ellos en las plantas de *T. prodigiosa* de esta localidad a diferencia de El cerezal en el que se presentan mayor cantidad de hábitats y disponibilidad de recursos por lo que se sugiere que hay una mayor distribución de los macroartrópodos dentro de ésta localidad.

El coeficiente de correlación de Pearson nos indica que la característica morfológica que influyó positiva y significativamente en la abundancia de macroartrópodos fue la altura (longitud) de la planta, coincidiendo con Richardson (1999) quien observó una relación significativa entre la riqueza y abundancia de macroartrópodos y el tamaño de la planta. Romero y Vasconcelos-Neto (2005), Stuntz (2002), Ambruster *et al.* (2002) Frank *et al.* (2004) encontraron también que el tamaño de la planta influyó en la abundancia de especies.

Esto concuerda con la hipótesis derivada de la teoría de la biogeografía de islas la cual predice que las plantas grandes son mas propensas a ser descubiertas y



colonizadas por artrópodos y consecuentemente pueden soportar un gran número de individuos y gran diversidad de especies.

El número de hojas fue la característica que influyó en la riqueza y diversidad de macroartrópodos encontrados, coincidiendo con Ambruster *et al.* (2002) quienes encontraron que ésta misma característica influyó en la abundancia y riqueza de la fauna asociada a las bromelias, lo cual podría estar indicando que a mayor número de hojas los macroartrópodos encuentran mayor cantidad de refugios.

## VII. CONCLUSIONES

Los tres órdenes con mayor riqueza y abundancia de macroartrópodos fueron Araneae, Coleoptera y Hemiptera. Así el grupo de los depredadores fue el más relevante debido al carácter generalista de la mayoría de sus familias y a sus hábitos alimenticios.

La interacción época-localidad no fue significativa estadísticamente en la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos. La riqueza en morfoespecies de macroartrópodos no presentó un patrón de variación estacional. Por el contrario hubo especificidad (morfoespecies únicas) para las dos épocas, sin embargo entre localidades si se presentaron diferencias significativas.

En cuanto a la abundancia de macroartrópodos no difirió entre las localidades Petenera y El Cerezal, pero sí entre épocas.

La mayor diversidad de macroartrópodos se encontró en la localidad de Petenera.

La altura de la planta estuvo correlacionada en la abundancia y el número de hojas influyo en la riqueza y diversidad de macroartrópodos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Adler, P. B. y Lauenroth. 2003. The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecology letters*. 6:749-756.
- Álvarez, M. F. Escobar, H. Mendoza y H. Villareal. 1999. Caracterización de la biodiversidad en áreas prioritarias de la vertiente Oriental de la cordillera. Informe técnico. Programa de inventarios. Grupo de exploración y Monitoreo Ambiental. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Villa de Leyva. Bovacá. Colombia.
- Ambruster, P., R. A. Hutchinson and P. Cotgreave. 2002. Factors influencing community structure in a South American tank bromeliad fauna. *Oikos* 96:225-234.
- Arellano, J. J. 2002. Las bromeliáceas del estado de Oaxaca: Riqueza florística y potencial ornamental. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Tabasco, México. 191 p.
- Armas, L. F. De; Martín F. E.; Estévez, R. J. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*.8: 93-98.
- Beutelspacher, C. 1999. Bromeliáceas como un ecosistema. Con especial referencia a *Aechmea bracteata* (Swartz) Griseb.
- Burt-Utley, J. F. y K. Burt-Utley. 1991. Bromelias (Bromeliaceae) (piña silvestre, piñuelas, chiras, wild pinapple). En: Janzen, D. *Historia Natural de Costa Rica*. Traducción de Manuel Chavarría. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991.
- Castner, J. L. 2004. *Photographic atlas de Entomology and Guide to insect Identification*. China. 174 p.
- Cotgreave, P., M. Hill, J. and D. A. J. Middleton. 1993. The relations between body size and population size in bromeliads tank faunas. *Biological journal of the Lawton Linean society*. 49: 367-380
- Comisión Nacional del Agua. 2006. Gerencia Nacional Pacifico Sur.
- Daly, H. V.; J. T. Doyen and A. H. Purcell III. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. 2a. ed. Oxford University Press.
- Damon, A. Las epífitas. 2006. <http://www.ecosur.mx/Difusi%F3n/ecofronteras/>

- Elzinga, R. 2004. Fundamentals of entomology. Sixth Edition. Pearson. Prentice Hall. New Jersey, USA. 512 p.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R. 2004. [http://www. F:\brom\notas sobre la familia bromeliaceae en el valle de México.htm](http://www.F:\brom\notas sobre la familia bromeliaceae en el valle de México.htm).
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., Martínez-Correa N., and Pulido-Esparza V. A. 2007. Bromeliad Flora of Oaxaca, México: Richness and Distribution. *Acta Botánica* 81:71-85.
- Fagua, G. 1999. Variación de las mariposas y hormigas de un gradiente altitudinal de la Cordillera Oriental (Colombia).pp. 317-355. In: Amat, G., M. G. Andrade-C y F.
- Flórez, D. E. 1999. Estructura y composición de la comunidad de arañas (Araneae) en un bosque muy seco tropical de Colombia. *Bol Entomol Venez* 14(1): 37:51
- Fragoso, C. and P. Rojas-Fernández. 1996. Earthworms inhabiting bromeliads in Mexican tropical rainforest: ecological and historical determinants. *Journal of Tropical Ecology* 12:729-734 p
- Frank, J.H. 1983. Bromeliad phytotelmata and their biota, especially mosquitoes. In: Frank J.H. and L.P. Lounbos, eds. *Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities*. Plexus publishing, New Jersey, 101-128p.
- Frank, J. H., S. S. Reenivasan, P. J. Benschoff, M. A. Deyrup, G. B. Edwards, S.E. Halbert, A. B. Hamon, M. D. Lowman, E. L. Mockford, R. H. Scheffrahn, G. J. Steeck, M. C. Thomas, T. J. Walker, and W. C. Welbourn. 2004. Invertebrate animals extracted from native *Tillandsia* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Sarasota County, Florida. *Florida Entomologist*. 87: 176-185
- García- Franco, J. 1986. Las bromelias de México. Revisión bibliográfica y de herbario. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). 94 pp.
- García, R. y P. Chacón De Ulloa. 2005. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en fragmentos de bosque seco del valle geográfico del río Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 31: 43-50.
- Gentry, A. y C. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals Missouri Botanical Garden* 74: 205-233.
- Gutiérrez, Chacón, C. y P. Ulloa-Chacón. 2006. Composición de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) asociados a hojarasca en tres localidades de la Cordillera Oriental de Colombia. *Folia Entomol. México*. 45:69-81.

- Halaj J., Ross D.W. y Moldenke A.R. 1998. Habitat structure and prey availability as predictors of the abundance and community organization of spiders in Western Oregon forest canopies. *Journal of Arachnology*, 26: 203-220.
- Ingunza, J. 1995. Composición de especies y caracterización ecobiológica de mosquitos (Diptera: Culicidae) y otros insectos acuáticos de bromelias (Bromeliaceae) en la Sierra de San Luis y Cerro Santa Ana, Edo. Falcón. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 94p.
- Kaston, B.J. 1983. How to know the spiders. Third edition. McGraw-hill Science. 288 p.
- Lassau, S.A. Hochuli, D.F.; and Casis, G. and Reid, C. A. M. 2005. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently?. *Diversity and distributions*.11, 73-82.
- Lawton J.H., Bignell D.E., Bolton B., Bioemers G.F., Eggleton P., Hammond P.M., Hodda M., Holt R. D., Larsen T.B., Mawdsley N.A., Stork N.E., Srivastava D.S. y Watt A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 72-76.
- Lima , S. R.; Araujo De A. E. Almeida, M. Serra, C. M. Biogeography of the Bromeliad-dwelling Scorpion *Tityus neglectus* Mello\_Leitao (Buthidae) in Rio Grande do Norte, Brazil. 2006
- Liria, J. 2007. Fauna fitotelmata en las bromelias *Aechmea fendleri* Andre y *Hohenbergia Stellata* Schult del Parque Nacional San Esteban, Venezuela. *Rev. Perú Biol.*, 14: 033-038.
- Llorente, J.; Morrone J. J.; 1996. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol 3. UNAM, México. 690 p.
- Llorente-Bousquets, J.; Morrone J. J.; 2002. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol 3. UNAM, México. 690 p.
- Luther, H. E. 2006. An alphabetical list of Bromeliad binomials. Bromeliad Society International. Sarasota. 119 pp.
- Mestre, M. L. A.; Aranha R. M. J.; Esper, P. Maria de Lourdes. 2001. Macroinvertebrate fauna associated to the bromeliad *Vriesea inflata* of the atlantic Forest (Paraná State, Southern Brazil). *Brazilian archives of biology and technology*. An international journal. Vol. 44:89-94.

- Metcalf, R.L., and E. R. Metcalf. 1993. Destructive and useful insects: the habitats and control. Chapman & Hall. New York.
- Mondragón, D. 2003. Catálogo de las especies de bromelias encontradas en Santa Catarina Ixtepeji y alrededores. CIIDIR-Oaxaca.
- Murillo, R. M.; J. G. Palacios, J. M. Labougle, E. M. Hentschel, J. E. Llorente, K. Luna, P. Rojas, S. Zamudio. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* morfoespecies En una zona de transición biótica. The Southwestern Entomologist. 8 pp.
- Nadkarni, N.M. 1994. Diversity of species and interactions in the upper tree Canopy of forest ecosystems. American zoologists 34:70-78.
- Navarrete-Heredia, J. L. y A. F. Newton. 2002. Agyrtidae. [pp. 493-498]. En: Llorente B., J., A. N. García-Aldrete y E. González S. (Eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Nunes, M. G.; Rocha, C. F. D.; 1997. O efeito da complexidade da bromélia-tanque *Neoregelia cruenta* (R. Graham) L. B. Smith sobre a comunidade animal associada. Departamento de Biología Animal y Vegetal. Universidade do Estado Rio de Janeiro, Maracanã, Brasil. Pp.13-22.
- Oliveira, M.G.N.; Rocha, C.F.D. and Bagnall, T. 2004. A comunidade animal asociada a bromelia tanque *Neogerelia cruenta* (R.Graham) L.B. Smith, Ver. Da Soc. Brás. de Bromelias 1, 22-29.
- Ospina-Bautista, F., J. Estévez-Varón, J. Betancur J., Realpe-Rebolledo E. 2004. Estructura y composición de la comunidad de Macro invertebrados acuáticos asociados a *Tillandsia turneri* Baker (Bromeliaceae) en un bosque alto andino Colombiano. Acta Zoológica Mexicana. 20: 153-166.
- Palacios\_Vargas, J. G. 1982. Microartropodos asociados a bromeliáceas. In: Salinas, P.J. Ed. Zoología Neotropical. Actas del VIII. Congres. Latin. De Zoología. Pp. 535-545.
- Picado, C. 1988. Obras completas/Clodomiro Picado Twilight. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Vol I.
- Ramos, M. I., Carnevali, F.-C. y Chi, M., F. 1991. Guía ilustrada de las Bromeliaceae de la porción mexicana de la península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY). México. 124 pp.
- Richardson, B. B. 1999. The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a Neotropical forest. Biotrópica, 31: 321-336

- Rico, G.A.; Beltrán P.J.; Álvarez A.D.; Florez D.E. 2005.  
<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1a/pt/abstract?inventory+BN07051a2005>.  
Acceso 2/05/2007.
- Rinaldi, I. M., and L. C. Forti. 1997. Hunting spiders of woodland fragments and agricultural habitats in the atlantic rain forest region of brazil. *Fauna Environ.* 32: 244-255
- Rocha, C. F. D.; Cogliatti, L.; Almeida, D. R.; Nunes, A. F.; 1997. Bromélias: ampliadoras da biodiversidad. Bromeliads: biodiversity amplifiers. Universidade do Estado Rio de Janeiro, Brasil. *Bromelia* 4:7-10.
- Rojas L. J. Y C. Casanova. 2002. Estudio preliminar de la entomofauna asociada a *tillandsia heterophylla* (Bromeliaceae) en un bosque de encino de la meseta de copoya, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Escuela de biología, Unicach.
- Romero, G. Q.; J. Vasconcelos-Neto. 2005. Spatial distribution and microhabitat preferente of *Psecas Chapoda* (Peckham&Pekham) (Araneae, Salticidae). *The journal of Arachnology* 33:124-134.
- Ruppert, E. E.; Barnes, D., R. 1996. Zoología de los invertebrados. Traducido al español de Jesús Benito Salido, Isabel Fernández de Quiroz y Leticia Herrera Alvarez. Ed. Mc Graw Hill Interamericana.
- Sánchez, D. N.; Amat, G. G. 2005. Diversidad de la fauna de artrópodos terrestres en el humedal Jaboque, Bogotá-Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Silva D. 1996. Species composition and community structure of Peruvian rainforest spiders: a case study from a seasonally inundated forest along the Samiria river. *Rev Suisse Zool* vol hors serie: 597-610.
- Silva D, Coddington J.A. 1996. Spiders of Pakitza (Madre de Dios, Peru): Species richness and notes in community structure. En: Wilson D. E., Sandoval A, ed. *The biodiversity of Pakitza and its environs*. Washington: Smithsonian Institution, p 241-299.
- Smith, L. B. y R. J. Downs. 1974. *Pitcairnioideae* (Bromeliaceae). *Flora Neotropica* 14:1-658.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology* 7: 480-488.
- Speight, M., Hunter, M., and Watt, A. 1999. *Ecology of insects, concepts and applications*. Blackwell Science. 350 p.

- Slater, J.; Richard Baranowski. 1978. How to know the true bugs (Hemiptera-Heteroptera). Brown Company Publishers.
- Stuntz, S, C. Ziegler, U. Simon y G. Zotz. 2002. Diversity and structure of the arthropod fauna within three canopy epiphyte species in central Panama. *Journal of Tropical Ecology* 18:161-176 .
- Triplehorn, C. A.; N. F. Johnson. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. Ed. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 p.
- Yanoviak, S. P., H. Walker, y N. M. Nadkarni Solano R. J. 2006. Arthropod diversity in vegetative vs humic portions of nonvascular epiphytes in a Neotropical Cloud Forest. *Pedobiologia* 48:51-58.



Anexo 1. Caracterización de las morfoespecies encontradas durante los cuatro muestreos realizados en los sitios de estudio Petenera y El Cerezal. SP =morfoespecie

CLASE:	Arachnida			Época			
				LLUVIA		SECA	
ORDEN:	Araneae			P	C	P	C
FAMILIA	GENERO	SP.	CARACTERISTICAS D LAS MORFOESPECIES				
Agelenidae	<i>Agelena</i>	1	Color café oscuro con bordes negros	14	0	19	4
Agelenidae	<i>Agelena</i>	2	Café claro	3	1	6	1
Amaurobiidae	<i>Amaurobis</i>	1	Color blanquizco	1	0	0	0
Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i>	1	Color beige claro con hendiduras	11	5	1	5
Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i>	2	Abdomen oscuro	0	1	2	0
Araneidae	<i>Cyclosa</i>	1	Abdomen alargado	2	1	2	1
Clubionidae	<i>Clubiona</i>	1	Color café oscuro	15	1	15	6
Clubionidae	<i>Clubiona</i>	2	Color café claro, espina distal	3	4	4	1
Clubionidae	<i>Elaver</i>	1	Femur uno con dos espinas	7	5	12	9
Clubionidae	<i>Micaria</i>	1	Con una raya transversal en opistosoma	2	0	0	0
Clubionidae	<i>Micaria</i>	2	Con mas de dos rayas transversales en opistosoma	2	0	0	0
Gnaphosidae	<i>Drassodes</i>	1	Tibia IV con dos espinas dorsales	0	1	0	1
Gnaphosidae	<i>Gnaphosa</i>	1	Queliceros con quilla	3	2	1	3
Hahniidae	<i>Hahnia</i>	1	Espineretes en linea	0	6	6	20
Liocranidae	<i>Agroeca</i>	1	Caparacho aplanado	0	1	0	9
Liocranidae	<i>Trachelas</i>	1	Esternum marginado	2	2	4	0
Lyniphyidae	<i>Ocuryphantes</i>	2	Prosoma café oscuro y opistosoma gris	1	2	8	1
Lyniphyidae	<i>Palladusis</i>	1	Prosoma claro y opistosoma gris	21	9	32	2
Oonopidae	<i>Scaphiella</i>	1	Cabeza mas grande que opistosoma	0	0	1	0
Oonopidae	<i>Yumates</i>	1	Cabeza mas pequeña que opistosoma	0	0	4	2
Philodromidae	<i>Philodromus</i>	1	Color café con crema	1	2	3	1
Pholcidae	<i>Psilochorus</i>	1	Ojos en dos grupos de tres	16	12	4	35
Plectreuridae	<i>Plectreuris</i>	1	Fémur 1 robusto	0	0	1	0
Salticidae	<i>Corythalya</i>	1	Cabeza negra y abdomen con franjas blancas	7	0	6	0
Salticidae	<i>Corythalya</i>	2	Cabeza con manchas blancas	3	0	5	1
Salticidae	<i>Euophrys</i>	1	Abdomen gris con negro	9	0	9	3
Salticidae	<i>Euophrys</i>	2	Blanquizca con mancha dorsal	12	1	1	3
Salticidae	<i>Evarcha</i>	1	Pata 3 mas larga que pata 1	3	0	45	4
Salticidae	<i>Marpissa</i>	1	Linea vertical en opistosoma	2	0	1	0
Salticidae	<i>Metaphidippus</i>		Linea vertical en opistosoma	0	1	0	1
Scytodidae	<i>Scytodes</i>	1	Color amarillo con manchas	6	14	0	14
Selenopidae	<i>Selenops</i>		Cuerpo aplanado	0	5	0	3
Tengellidae	<i>Liocranoides</i>	1	Tibia con espinas	0	1	0	2
Therididae	<i>Achaearenae</i>	1	Manchas negras en el dorso	3	1	12	0
Therididae	<i>Achaearenae</i>	2	Opistosoma crema con manchas grises	0	1	4	5
Opiliones	<i>Leiobonum</i>	1	Denticulos en la coxa	4	7	0	0
Scorpiones	<i>Centruroides</i>	<i>nigrovariatus</i>	Café claro con manchas oscuras en el cuerpo	0	0	0	1
Pseudoescorpionida	<i>Olipidae</i>	1	Opistosoma alargado	0	0	6	1
CLASE:	Diplopoda						
ORDEN:	Chordeumatida						
Caseyidae	<i>Underwoodia</i>	1	Color gris obscuro	3	37	6	3
CLASE:	Chilopoda						

ORDEN:	Lithobiomorpha						
Henicopidae	<i>Henicops</i>	1	Un ojo a cada lado de la cabeza	17	1	0	0
Henicopidae	<i>Henicops</i>	2	Mas de un ojo al lado de la cabeza	5	0	0	0
Lithobiidae	<i>Lithobius</i>	1	Color ladrillo	12	13	5	23
Lithobiidae	<i>Lithobius</i>	2	Color crema claro	5	3	9	4
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Scutigeraomorpha						
Scutigeraidae	<i>Scutigera</i>	1	Antenas y patas muy largas	1	0	0	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Geolomorpha						
Geophilidae	<i>Geophilus</i>	1	Ultimo esternito ancho igual de largo	1	0	3	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Scolopendra						
Scolopendridae	<i>Scolopendra</i>	1	Patatas azules	0	2	0	2
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Thysanura						
Lepismatidae	<i>Lepisma</i>	1	Color gris plateado	0	3	0	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Orthoptera						
Tettigoniidae	<i>Pterophylla</i>	1	Alas en forma de copa	0	1	0	3
Gryllidae	<i>Petaloptyla</i>	1	En forma de aguja	0	3	0	11
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Dermaptera						
Forficulidae	<i>Forticula</i>	1	Cercos largos	0	9	2	4
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Blattodea						
Blattidae	<i>Eurycotis</i>	1	Alas cortas	19	1	9	4
Blattidae	<i>Plectoptera</i>	1	Color amarillo brillante	3	0	3	1
Blattidae	<i>Plectoptera</i>	2	Color café oscuro	21	2	9	11
Blatellidae	<i>Parcoblatta</i>	1	Alas con pliegues	3	1	4	3
Blatellidae	<i>Parcoblatta</i>	2	Color café	0	0	1	1
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Hemiptera						
Coreidae	<i>Acantocephala</i>	1	Fémur posterior grueso con espinas	0	0	1	0
Rhopalidae	<i>Aufeius</i>	1	<i>Impressicollis</i>	2	0	0	0
Lygaeidae	<i>Acroleucus</i>	1	<i>Nexus</i>	2	12	5	8
Rhyparochromidae	<i>Mydochini</i>	1	Fémur anterior grueso	0	1	0	0
Microvelidae	<i>Balboa</i>	2	Manchas en el dorso de las alas	0	1	0	0
Microvelidae	<i>Microvelia</i>	1	Café claro sin alas	4	25	17	29
Microvelidae	<i>Microvelia</i>	2	Café oscuro sin alas	3	10	1	2
Reduviidae	<i>Stelonemus</i>	1	Patatas delanteras raptorias	2	17	3	7
Reduviidae	<i>Sinea</i>	1	Patatas anteriores con espinas	1	1	0	0
Pentatomidae	<i>Podisus</i>	1		0	0	1	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Thysanoptera						
Thripidae	<i>Bregmatothrips</i>	1	Color negro	1	0	0	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Homoptera						
Fulgoridae	<i>Tionia</i>	1	Color oro con manchas en cuerpo	1	1	2	8

CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Psocoptera						
Lachesillidae	<i>Lachesilla</i>	1	Vena cubito anal no fusionada con vena media	11	1	3	1
Psyllopsocidae	<i>Psyllipsocus</i>	1	Antenas largas	0	3	4	2
Pseudocaecillidae	<i>Ectopsocus</i>	1	Antenas cortas	0	3	0	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Coleoptera						
Carabidae	<i>Platynus</i>	1	<i>Coniciccolis</i>	0	18	7	15
Carabidae	<i>Platynus</i>	1	<i>Lifragis</i>	0	1	2	0
Carabidae	<i>Coptodera</i>	1	Verde metalico	0	0	1	2
Latigriinae	<i>Statira</i>	1	Cuerpo alargado	0	1	4	0
Curculionidae	<i>Metamasius</i>	1	Bandas rojas en el dorso	6	14	1	17
Coccinellidae	<i>Hipodamia</i>	1	Color naranja con manchas negras	0	0	1	1
Nitidulidae	<i>Carpophilus</i>	1	Elitros cortos	1	0	0	0
Staphylinidae	<i>Belonochus</i>	1	Cola rojiza	0	0	2	4
Staphylinidae	<i>Phloeopora</i>	1	Cuerpo aplanado	17	37	57	59
Staphylinidae	<i>Quedius</i>	1	Segmentos antenales de 4 a 11	0	5	18	15
Staphylinidae	<i>Tinocharis</i>	1	1º y 2º antenomero casi igual de anchos	2	4	9	14
Ptilidae	<i>Acrotrichis</i>	1	Alas plumosas	3	13	9	16
Tenebrionidae	<i>Eleodes</i>	1	Elitro lisos	3	3	1	2
Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	0	Elitros con segmentos longitudinales	0	0	0	1
Elateridae	<i>Euproctynus</i>		2 pares de manchas oscuras en élitros	0	1	0	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Neuroptera						
Hemerobiidae	<i>Mycromus</i>	1	Vena cubito anal no fusionada con vena media	1	0	3	0
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Hymenoptera						
Braconidae	<i>Aleiodes</i>	1	Cabeza negra abdomen naranja	0	1	0	0
Vespidae	<i>Polistes</i>	1	Avispa colorada	0	0	3	0
Scelionidae	<i>Ni</i>	1	Color café claro, abdomen aplanado	0	1	0	0
Sphecidae	<i>Nyssoninae</i>	1	Negro con amarillo	0	0	0	1
Ceraphronidae	<i>Ceraphron</i>	1	1er. Segmento antenal muy largo	0	2	1	2
Formicidae	<i>Myrmelechista</i>	1		1	0	5	0
Formicidae	<i>Leptothorax</i>	1	Color rojizo	0	1	1	0
Formicidae	<i>Crematogaster</i>	<i>Obscurata</i>		0	0	0	1
Formicidae	<i>Solenopsis</i>	<i>Geminata</i>		0	3	0	5
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Lepidoptera						
Gelechiidae	<i>NI</i>	1		0	1	0	7
CLASE:	Hexápoda						
ORDEN:	Diptera						
Phoridae	<i>Dorniphora</i>	1	Jorobado	1	0	0	0
Phoridae	<i>Mydaea</i>	2	mosca café claro con 3 manchas negras	0	0	1	3
Muscidae	<i>Spilogona</i>	1	Color negro	0	0	0	1
Sciaridae	<i>Sciara</i>	1	Color negro-naranja	1	0	0	0
TOTAL				307	343	428	431

Anexo 2. Resultados del análisis de varianza para riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos en la localidad de Petenera y El Cerezal durante época de lluvia y seca.

### Riqueza

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Localidad	1	3.770	3.770	4.62	<b>0.034*</b>
Época	1	1.355	1.355	1.66	<b>0.201</b>
Localidad-Época	1	0.294	0.294	0.36	<b>0.549</b>

$R^2 = 0.080$        $cv = 28.980$        $x = 3.117$

### Abundancia

	Gl.	SC	CM	Fc	Pr>F
Localidad	1	0.740	0.740	0.45	<b>0.505</b>
Época	1	8.123	8.123	4.92	<b>0.029*</b>
Localidad * Época	1	0.466	0.466	0.28	<b>0.598</b>

$R^2 =$        $cv = 30.149$        $x = 4.26$

### Diversidad

Factor de Var.	GI	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Localidad	1	0.030	0.030	5.13	<b>0.0264*</b>
Época	1	0.028	0.028	4.83	<b>0.031*</b>
Localidad*Época	1	0.010	0.010	1.71	<b>0.195</b>

$R^2 = 0.133$        $cv = 5.743$        $x = 1.340$

La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).