



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral  
Regional, Unidad Oaxaca.

---

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales  
(Biodiversidad Del Neotrópico)

**DIVERSIDAD DE MACROARTRÓPODOS EN *Tillandsia carlos-hankii* Matuda  
Y *Tillandsia oaxacana* L. B. Smith EN UN BOSQUE DE ENCINO PINO DE  
OAXACA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:

**BIOL. ALMA DELIA FRANCO MÉNDEZ**

DIRECTORAS:

**DRA. DEMETRIA MARTHA MONDRAGÓN CHAPARRO**

**M. C. LAURA MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México Julio 2008

---



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 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: "Diversidad de macroartrópodos en *Tillandsia carlos-hankii* Matuda y *Tillandsia oaxacana* L.B. Smith en un bosque de encino pino de Oaxaca".

**Franco**  
Apellido paterno

**Méndez**  
materno

**Alma Delia**  
nombre(s)

Con registro: 

A	0	6	0	1	5	9
---	---	---	---	---	---	---

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. José Luis Chávez Servia

\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Sánchez García

\_\_\_\_\_  
Dr. César Ruiz Montiel

**LA PRESIDENTA DEL COLEGIO**  
  
\_\_\_\_\_  
Dra. María del Rosario Arnaud Viñas





**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 del año 2008, el (la) que suscribe **Franco Méndez Alma Delia** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A060159**, 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 de la M. en C. Laura Martínez Martínez y cede los derechos del trabajo titulado: **"Diversidad de macroartrópodos en *Tillandsia carlos-hankii* Matuda y *Tillandsia oaxacana* L.B. Smith en un bosque de encino pino de 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 [almadeliafranco@yahoo.com.mx](mailto:almadeliafranco@yahoo.com.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

**FRANCO MÉNDEZ ALMA DELIA**



## RESUMEN

Las bromelias tipo tanque tienen la capacidad de acumular agua y hojarasca entre sus hojas, lo que provee hábitat a diferentes especies animales que pueden ser desde larvas de mosquitos hasta anfibios, siendo los artrópodos el mayor grupo relacionado a estas plantas. Sin embargo, no existen estudios en México que documenten la asociación entre los macroartrópodos y las bromelias tanque en diferente época estacional en diferentes especies de bromelia, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la riqueza de especies, abundancia y diversidad de macroartrópodos presentes en las rosetas de *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en dos épocas estacionales (lluvia y seca), y evaluar el grado de asociación de dichos parámetros con las características morfológicas de las bromelias. El presente trabajo se llevó a cabo en un bosque de encino pino del paraje Peña Prieta a 2850 msnm del municipio Santa Catarina Ixtepeji. Se realizaron cuatro colectas aleatorias de 10 rosetas adultas en cada muestreo, cada planta fue embolsada y trasladada al laboratorio donde fueron medidas; los macroartrópodos fueron colectados e identificados. Se colectaron 126 morfoespecies de macroartrópodos adultos, pertenecientes a 114 géneros, 70 familias y 17 órdenes, con una abundancia total de 1061 individuos. Los órdenes con mayor riqueza y abundancia fueron Hemiptera, Araneae y Coleoptera. Se obtuvo una mayor riqueza, y abundancia en *T. carlos-hankii* (105 morfoespecies y 847 individuos) que en *T. oaxacana* (61 morfoespecies y 214 individuos). Para *T. carlos-hankii* la riqueza y abundancia de macroartrópodos fue mayor durante la época de lluvia, en tanto que para *T. oaxacana* fue durante la época seca. El índice de diversidad de Shannon fue mayor durante la época seca para ambas especies con  $H' = 1.40$  y  $H' = 1.51$  respectivamente. Existe una correlación significativa entre el tamaño de la bromelia y la riqueza ( $R = 0.489^{**}$ ), abundancia ( $R = 0.450^{**}$ ) y diversidad ( $0.511^{**}$ ) de macroartrópodos, sin tomar en cuenta la especie de bromelia, esto podría ser porque las plantas más grandes son más probables de ser descubiertas y colonizadas por artrópodos y consecuentemente pueden soportar una mayor diversidad de especies. Ambas especies de bromelias son un recurso importante para los macroartrópodos, principalmente durante la época seca.

**Palabras clave:** asociación macroartrópodo bromelia, Hemiptera, Coleoptera, Ixtepeji.

## ABSTRACT

Tank bromeliads have the capacity to accumulate water and leaf litter in their leaves providing habitat for animal species ranging from mosquito larvae to amphibians with arthropods being the main group associated with these plants. However, there have been no studies made in Mexico that document the association between the macroarthropods and the tank bromeliads during the different seasons in different species of bromeliads. The objective of the present work was to determine species richness, abundance and diversity of macroarthropods present in the rosettes of *T. carlos-hankii* and *T. oaxacana* during the two seasonal periods (rainy and dry) and evaluate the degree of association of said parameters with the morphological characteristics of the bromeliads. The present work was carried out in the pine-oak forest near Peña Prieta, in the municipality of Santa Catarina Ixtepeji, at an elevation of 2850 meters above sea level. Four random collections were made of ten adult rosettes in each sample. Each plant was bagged and transferred to the laboratory where the macroarthropods were collected and identified. One hundred twenty-six morphospecies of adult macroarthropods, belonging to 114 genera, 70 families and 17 orders with a total of 1061 individuals were collected. The orders with the greatest species richness and abundance were Hemiptera, Araneae and Coleoptera. More species richness and abundance were found in *T. carlos-hankii* (105 morphospecies and 847 individuals) than in *T. oaxacana* (61 morphospecies and 214 individuals). For *T. carlos-hankii*, the species richness and abundance was greater during the rainy season while for *T. oaxacana* they were greater in the dry season. The Shannon Diversity Index was greater for both species during the dry season with  $H' = 1.40$  and  $H' = 1.51$  respectively. There exists a significant correlation between the size of the bromeliad and richness ( $R = 0.489^{**}$ ), abundance ( $R = 0.459^{**}$ ) and diversity ( $0.511^{**}$ ) of the macroarthropods without taking into account the species of bromeliad. This may be because the larger plants are more likely to be found and colonized by the arthropods and, consequently, more likely to support a greater diversity of species. Both species of bromeliads in this study are an important resource for macroarthropods.

**Keywords:** macroarthropod-bromeliad association, Hemiptera, Coleoptera, Ixtepeji

## CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE ANEXOS.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.1.1 Objetivos específicos e hipótesis.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 Epífitas.....	5
3.2 Importancia ecológica.....	5
3.3 Bromelias.....	6
3.4 Artrópodos.....	7
3.4.1 Clasificación taxonómica.....	8
3.4.2 Características.....	8
3.4.3 Distribución y hábitat.....	8
3.5 Importancia.....	9
3.6 Variabilidad estacional (lluvia y sequía).....	9
3.7 Estudios de caso de artrópodos en bromelias.....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1 Descripción del área de estudio.....	13
4.1.1 Geología y suelos.....	14
4.1.2 Clima.....	14
4.1.3 Vegetación.....	14
4.1.4 Fauna.....	15

4.2 Descripción de las especies de <i>Tillandsia carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> .....	16
4.3 Definición de la época de colecta de bromelias .....	18
4.4 Colecta y determinación taxonómica de macroartrópodos .....	19
4.5 Características morfológicas de las bromelias .....	20
4.6 Cálculo de los estimadores de diversidad.....	21
4.7 Análisis de datos .....	22
V. RESULTADOS .....	24
5.1 Riqueza de macroartrópodos .....	24
5.1.1 Variación de la riqueza de morfoespecies entre épocas y entre especies	25
5.1.2 Curvas de acumulación de especies (morfoespecies) .....	26
5.1.3 Riqueza de morfoespecies por orden .....	30
5.1.4 Riqueza de morfoespecies por familia .....	31
5.1.5. Riqueza de morfoespecies por género.....	34
5.1.6 Macroartrópodos entre épocas y entre especies de bromelias. ....	38
5.2 Abundancia de macroartrópodos .....	39
5.2.1 Variación de la abundancia de morfoespecies entre épocas y entre especie	40
5.2.2 Abundancia de macroartrópodos por orden .....	41
5.2.2 Abundancia de macroartrópodos por familia .....	43
5.2.3 Abundancia de macroartrópodos por género .....	44
5.2.4 Abundancia de macroartrópodos por morfoespecie .....	45
5.3 Diversidad de macroartrópodos .....	52
5.4 Correlación .....	54
VI. DISCUSIÓN .....	56
VII. CONCLUSIONES.....	72
VIII. LITERATURA CITADA.....	74
ANEXOS. ....	79

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Características de <i>Tillandsia carlos-hankii</i> y <i>Tillandsia oaxacana</i> .....	16
2	Riqueza de macroartrópodos con máximos, mínimos, desv. estándar y promedio para las dos especies de bromelias muestreadas en Peña Prieta, Ixtepeji. Datos de 20 bromelias en cada época, excepto para <i>T. carlos-hankii</i> en la época seca (10 brom.).....	38
3	Abundancia de macroartrópodos con máximos, mínimos, desv. estándar y promedio para las dos especies de bromelias muestreadas en Peña Prieta, Ixtepeji. Datos de 20 bromelias en cada época, excepto para <i>T. carlos-hankii</i> en la época seca (10 brom.).....	52
4	Valores obtenidos del índice de diversidad de Shannon y la prueba de t de Hutchenson, para el índice de Diversidad de Shannon-Weiver de <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> en Peña Prieta.....	53
5	Valores del Coeficiente de Correlación de Pearson obtenidos entre las características de <i>T. carlos-hankii</i> y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos.....	54
6	Valores del Coeficiente de Correlación de Pearson obtenidos entre las características de <i>T. oaxacana</i> y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos, durante los muestreos.....	55



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1	Mapa del municipio de Santa Catarina Ixtepeji en donde se localiza el Paraje Peña Prieta, en la Sierra Norte de Oaxaca. .... 13
2	<i>Tillandsia carlos-hankii</i> ..... 17
3	<i>Tillandsia oaxacana</i> ..... 17
4	Riqueza de macroartrópodos en las dos épocas de muestreo para <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> , en Peña Prieta ( $\pm 1$ DVS)..... 26
5	Curva de acumulacion de morfoespecies de macroartrópodos en <i>T. carlos-hankii</i> usando el modelo de Clench, de dependencia lineal y su comparación con los valores observados. a) ambas épocas, b) época de lluvia y c) época seca..... 28
6	Curva de acumulacion de morfoespecies de macroartrópodos en <i>T. oaxacana</i> usando el modelo de Clench, de dependencia lineal y su comparación con los valores observados. a) ambas épocas, b) época de lluvia y c) época seca..... 29
7	Riqueza de morfoespecies por orden, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> (N=30) y <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta..... 32
8	Riqueza de morfoespecies por familia, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> (N=30) y <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta. .... 34
9	Riqueza de morfoespecies por género, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> (N=30) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta..... 36
10	Riqueza de morfoespecies por género, registrados en <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta..... 37
11	Abundancia promedio de macroartrópodos en las dos épocas de muestreo realizados para <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> en Peña Prieta ( $\pm 1$ DVS)..... 40
12	Abundancia de macroartrópodos por orden, registrados en <i>T. carlos-hankii</i>

	(N=30) y <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.....	42
13	Abundancia de macroartrópodos por familia, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> (N=30) y <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.....	46
14	Abundancia de macroartrópodos por género, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> (N=30) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.....	47
15	Abundancia de macroartrópodos por género, registrados en <i>T. oaxacana</i> (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.....	48
16	Abundancia de las morfoespecies en las dos épocas de muestreo realizados para <i>T. carlos-hankii</i> en Peña Prieta.....	50
17	Abundancia de los morfoespecies en las dos épocas de muestreo realizados para <i>T. oaxacana</i> en Peña Prieta.....	51

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1	Listado de morfoespecies de macroartropodos y su abundancia, registrados en <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> en dos épocas del año en un bosque de encino pino de Ixtepeji Oaxaca.....	79
2	Descripción de las morfoespecies registrados en <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> en dos épocas del año en un bosque de encino pino de Ixtepeji Oaxaca.....	81
3	Valores de la prueba de bloques al azar para la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos, teniendo a la especie como factor fijo y la época de muestreo como factor variable.....	84
4 a	Datos tomados del muestreo de <i>T. carlos-hankii</i> durante la época de lluvia de 2005.....	85
4 b	Datos tomados del muestreo de <i>T. carlos-hankii</i> durante la época de Seca de 2006.....	85
4 c	Datos tomados del muestreo de <i>T. carlos-hankii</i> durante la época de lluvia de 2006.....	85
5 a	Datos tomados del muestreo de <i>T. oaxacana</i> durante la época de lluvia de 2005.....	86
5 b	Datos tomados del muestreo de <i>T. oaxacana</i> durante la época de Seca de 2006.....	86
5 c	Datos tomados del muestreo de <i>T. oaxacana</i> durante la época de lluvia de 2006.....	86
5 d	Datos tomados del muestreo de <i>T. oaxacana</i> durante la época de Seca de 2007.....	87
6	Fotografías de artrópodos encontrados en <i>T. carlos-hankii</i> y <i>T. oaxacana</i> en Peña Prieta.....	87

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme conocer y estudiar una pequeña parte la naturaleza tan maravillosa que aun existe.

A mis padres por el apoyo de siempre y su gran amor, y a mis suegros por su gran apoyo en esta etapa.

A la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, por permitirnos llevar a cabo la colecta de bromelias en su Área comunalmente protegida.

Al CIIDIR-UNIDAD OAXACA del Instituto Politécnico Nacional, por las instalaciones prestadas para el estudio de la Maestría.

Al CONACYT y al PIFI por su apoyo económico a través de la beca otorgada durante la maestría.

A IDEA WILD por la donación de un microscopio estereoscópico al laboratorio de epífitas para la determinación taxonómica de los artrópodos colectados en Peña Prieta.

Al comité tutorial y por sus observaciones y comentarios para el desarrollo y mejoramiento de la presente tesis.

A los taxónomos especialistas por su apoyo en a determinación de ejemplares colectados: Dr. Luis Cervantes (Hemiptera), M. C. Luis L. Delgado (Coleoptera y Staphylinidae), M. C. Enrique Montes de Oca (Carabidae), Biol. Luis Quiroz R. (Formicidae), Dr. Sergio Ibáñez B. (Diptera) y al Dr. J. Antonio Sánchez García (Vespidae, Ichneumonidae).

A los compañeros del laboratorio de epífitas: Marisela con quien compartí dos años de búsqueda de información y soluciones a nuestras preguntas de tesis. A Gabriel, Carlos, Vianey, Diana, Yazmin y en los últimos meses Martín y Ninfa, por su grata compañía

## DEDICATORIA

A Eduardo y Miguel con quienes he disfrutado maravillosos momentos.

A las familias Franco Méndez y Pérez Ramírez por su apoyo incondicional en todo momento.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más conspicuos del dosel de los bosques neotropicales son las bromelias epífitas, las cuales pertenecen a la familia Bromeliaceae. Dentro de esta familia se encuentran las bromelias tipo tanque, llamadas así debido a que presentan las hojas en forma arrosetada, lo que facilita la acumulación de agua, hojarasca, materia orgánica y detritos (Benzing, 2000). Esta acumulación favorece la presencia de numerosos organismos que acuden en busca de alimento, agua y/o refugio.

Uno de los componentes más importantes en los tanques de las bromelias son los artrópodos, los cuales constituyen el phylum más numeroso y diverso del reino animal. Estos organismos son importantes para las plantas, ya que cumplen funciones ecológicas como la polinización, dispersión de semillas, descomposición de materia orgánica, balance de las poblaciones de herbívoros, entre otros (Ruppert y Barnes 1996; Pérez *et al.*, 1997; De Ferradas y Fernández, 2001).

La diversidad de los artrópodos en las bromelias puede estar influenciada por el tamaño, peso seco y la estructura (tamaño y número de hojas) de la planta (Dejean *et al.*, 1995; Nunes y Duarte, 1997; Ospina-Bautista *et al.*, 2004;), ya que algunas especies de artrópodos requieren de cuerpos de agua para el desarrollo de la etapa larval, lo que influye en la selección de la planta hospedera, ya que las bromelias grandes por su mayor tamaño y estructura más compleja puede mantener agua entre sus hojas por más tiempo, teniendo entonces la oportunidad de desarrollar su etapa acuática dentro del hospedero, a diferencia de las plantas pequeñas, las cuales pueden llegar a la desecación después de un periodo de sequía o ausencia de lluvias (Zotz y Thomas, 1999).

Asimismo, dicha composición puede presentar variaciones estacionales, ya que el impacto de la lluvia al igual que una sequía llega a influenciar la dinámica poblacional de los macroartrópodos. Debido a estos cambios estacionales, muchos artrópodos buscan refugiarse en las bromelias epífitas tipo tanque en donde se forman cuerpos de agua temporales o permanentes, en los que pueden estar protegidos del sol y de los cambios medioambientales (Murillo *et al.*, 1983, Romero y Vasconcellos-Neto, 2005).

La mayoría de los trabajos de artrópodos en bromelias han sido realizados en bosques tropicales, mientras siguen siendo escasos en bosques templados como es el bosque de encino pino. A nivel nacional, sólo se ha publicado el estudio preliminar de Rojas y Casanova (2002) acerca de la entomofauna asociada a *Tillandsia heterophylla* (Bromeliaceae) en un bosque de encino de la meseta de Copoya, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En cuanto al estado de Oaxaca, de los 11 tipos de vegetación que presenta (Rzedowski, 1978), el bosque de encino es el que tiene la mayor riqueza de bromelias con 83 especies (Espejo-Serna *et al.*, 2007) sin embargo, no se ha reportado algún trabajo sobre la interacción bromelia-artrópodos para el estado en este tipo de vegetación.

El presente trabajo consistió en analizar la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos presentes en dos especies de bromelia y determinar si la variación estacional y las características de la bromelia, influyen en la riqueza, abundancia y diversidad de dichos organismos.

## 2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general: Evaluar la diversidad de macroartrópodos presentes en *Tillandsia carlos-hankii* y *Tillandsia oaxacana* (Bromeliaceae), su variación estacional y su relación con la morfología de las dos bromelias en el paraje Peña Prieta de Ixtepeji, Oaxaca.

### 2.1.1. Objetivos específicos e hipótesis

- Conocer la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos presentes en *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*.

Hipótesis: La diversidad de macroartrópodos será igual en *T. carlos-hankii* que en *T. oaxacana*.

- Analizar si hay variaciones estacionales (época de lluvia y época de secas) en la comunidad de macroartrópodos presentes en *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*.

Hipótesis: La diversidad de macroartrópodos en cada una de las especies de bromelia, será igual entre épocas estacionales.



- Evaluar la posible relación de algunas características morfológicas de las bromelias (tamaño de la planta, número de hojas, número de cavidades, peso seco) con la riqueza, abundancia y la diversidad de los macroartrópodos presentes en ellas.

Hipótesis: La riqueza y abundancia de los macroartrópodos no se verá influenciada por las características morfológicas de la bromelia (tamaño de la planta, número de hojas, número de cavidades, peso seco).

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Epífitas

Las epífitas son plantas que crecen sobre otras plantas, pero a diferencia de las plantas parásitas no les causan ningún daño directo al hospedero, ya que fabrican su propio alimento mediante el proceso de fotosíntesis (Hietz y Hietz – Seifert, 1994; Gentry y Dodson, 1987). Sin embargo, las epífitas también son conocidas como “piratas” debido a que captan las escorrentías foliares y corticales disminuyendo la cantidad de éstas para la nutrición del hospedero, también son conocidas como “parásitas estructurales” ya que el exceso de epífitas causa sobrepeso llegando a romper las ramas de los hospederos (Benzing, 1990).

El ámbito epífito se caracteriza en general por una baja disponibilidad de agua y nutrientes, por lo que muchas epífitas tienen adaptaciones similares a las plantas que habitan en el desierto, permitiéndoles juntar y absorber agua, así como para restringir la pérdida de ésta (Hietz y Hietz – Seifert, 1994).

#### 3.2 Importancia ecológica

Las epífitas le otorgan una gran complejidad a la estructura vertical de los bosques (Zotz y Andrade, 2002) contribuyendo considerablemente a la diversidad de la flora vascular presente en estos ecosistemas (Gentry y Dodson, 1987; Valdivia, 1976). Además de contribuir a la diversidad, las epífitas juegan un papel importante en los ecosistemas donde se presentan, dado el gran número de interacciones que establecen con otras especies como son: sistemas de polinización, refugio y parasitismo, entre otros (Gentry

y Dodson, 1987) que involucran insectos asociados, aves, murciélagos, algunos anfibios, gasterópodos y otros.

### 3.3 Bromelias

La familia Bromeliaceae es la segunda con mayor número de especies epífitas después de las Orchidaceae. Está conformada por 3,086 especies (Luther, 2006) de las cuales 1,500 son epífitas. Esta familia está comprendida por tres subfamilias: Pitcairnioideae, Tillandsioideae y Bromelioideae.

En México la familia Bromeliaceae de está representada por 18 géneros y 342 especies, con un alto índice de endemismos (Espejo-Serna *et al.*, 2004). La subfamilia Pitcairnioideade presenta 97 especies (84 endémicas), Bromelioideae 21 (ocho endémicas) y Tillandsioideae 224 (141 endémicas). Los Estados con mayor número de especies son Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Espejo-Serna *et al.*, 2004).

La familia Bromeliaceae ha ocupado prácticamente todos los nichos ecológicos disponibles (Medina, 1990). Se encuentran especies de bromelias desde el estado de Texas en los Estados Unidos hasta Argentina y Chile (Rojas y Casanova, 2002). Esta extensa zona demuestra la diversidad de hábitats en las que se presentan las bromelias los cuales han sido ocupados por un conjunto de especies terrestres, saxícolas y epífitas, con marcadas diferencias en su tolerancia a déficit hídrico y regímenes de luz (Medina, 1990).

Entre las especies de bromelias epífitas se encuentran dos grupos con diferente estrategia de captación de agua y nutrientes: tipo tanque y atmosféricas.

Las bromelias tipo tanque compensan la falta de acceso a la humedad y nutrientes del suelo principalmente con el arreglo de las hojas (con la base ensanchada a manera de cuchara) que se encuentran densamente cerca unas de otras formando una roseta, lo que facilita la acumulación de agua y nutrimentos, siendo su fuente principal de alimentación la cual es absorbida por los tricomas foliares presentes en la base de las hojas (Benzing, 2000). El tanque ayuda a conservar el agua, humedad y nutrientes necesarios por un periodo extenso de sequía (Zotz y Thomas, 1999). Las bromelias tipo tanque pueden ser epífitas o terrestres.

Las bromelias atmosféricas en cambio presentan hojas más chicas y delgadas con las cuales no se puede formar un tanque. Este tipo de bromelias absorbe agua y sales minerales de la lluvia, del rocío y de la humedad del ambiente, los cuales son su principal fuente de nutrición. La absorción de los nutrimentos y agua se lleva a cabo a través de los tricomas que presenta en toda la superficie de la planta. Estas bromelias han conquistado los ambientes más secos y con mayor exposición, los cuales otras plantas no han podido aprovechar (Benzing, 2000). Estas plantas son exclusivamente epífitas.

### 3.4 Artrópodos

Los artrópodos del griego *arthron*-articulación + *podos*-pie, son animales segmentados cuya epidermis secreta un exosqueleto de fuertes anillos unidos por membranas flexibles que actúan como articulaciones. Este phylum (Arthropoda) constituye el mayor número de especies, ya que más del 80% de las especies animales descritas son artrópodos. Las cifras estimadas para la riqueza de especies de este phylum varían de 870,000 especies (Villemant, Walter y Smith, 1970) hasta los 10 millones (Elzinga, 2004).

3.4.1 Clasificación taxonómica: los artrópodos se dividen en cuatro subphyla: Trilobita, Chelicerata, Crustácea y Atelocerata (Howard, 2002; Triplehorn y Jahson, 2005). Trilobita es el primer grupo de los artrópodos y constituyen una clase extinta. Los trilobites fueron un grupo de organismos marinos muy diverso que se podía encontrar en variados niveles tróficos (principalmente detritívoros, depredadores y carroñeros). El subphylum Chelicerata incluye principalmente arañas, escorpiones, ácaros, garrapatas y “escorpiones de mar” extintos; ocupan una gran variedad de papeles ecológicos del sistema marino y terrestre. El subphylum Crustácea presenta especies principalmente acuáticas, la mayoría marinas; este subfilo incluye copépodos, cangrejos, langostas, cangrejo de río y lapas entre otros organismos. El subphylum Atelocerata que incluye a la clase Hexapoda (Insecta) constituye el grupo más numeroso de animales en el planeta; este subfilo incluye organismo como libélulas, moscas, cucarachas, mariposas, mantis, entre otros; pueden ser encontrados en casi todos los hábitat del planeta.

3.4.2 Características: el cuerpo de los artrópodos está dividido en segmentos que pueden estar fusionados. Presentan simetría bilateral y poseen un cuerpo segmentado cubierto de un exoesqueleto que contiene quitina, que le sirve tanto de coraza como de superficie para la inserción muscular. Cada segmento corporal puede portar un par de apéndices articulados y su sistema circulatorio es abierto (Howard, 2002).

3.4.3. Distribución y hábitat: los artrópodos pueden encontrarse en casi todos los hábitats de la tierra, pueden ser terrestres o acuáticos, algunos de ellos presentan una etapa acuática y una terrestre (Borror *et al*, 1976; Howard, 2002). Los acuáticos pueden

ser de mar o de agua dulce, mientras los terrestres se pueden encontrar por debajo del suelo y sobre el suelo hasta en las copas de los árboles más altos.

### 3.5. Importancia

Los artrópodos son componentes fundamentales de casi todas las cadenas tróficas, ya que utilizan variados recursos alimentarios y a la vez son el alimento de aves, anfibios, reptiles, mamíferos y otros artrópodos. Este tipo de organismos no sólo fungen como presas o depredadores, sino que además son importantes en los procesos de polinización y dispersión de semillas (Speight *et al.* 1999; Elzinga, 2004); así como parte esencial en el reciclado de nutrientes, la cual es una de las funciones más importantes de los artrópodos en el ecosistema (Speight *et al.* 1999), ya que mejoran la aireación del suelo y lo enriquecen adicionando materia orgánica (Garita-Cambronero y Lizano-Fallas 2006).

Desde el punto de vista antropogénico, los beneficios más obvios y tangibles que se originan de las actividades de los artrópodos son el uso de los productos que ellos generan, tales como la seda, miel de abeja, cera, laca, pinturas, tintes, medicinas, así como agentes polinizadores en cultivos. Por otra parte, los artrópodos también causan daños severos; por ejemplo, pueden acabar con todo un cultivo en pocas horas, como en el caso de la langosta, también pueden dañar la madera y papel (Romero, 2004), además pueden ser agentes productores y transmisores de enfermedades.

### 3.6 Variabilidad estacional (lluvia y sequía)

El efecto de la lluvia sobre los insectos puede ser directo como una lluvia fuerte que puede golpear al insecto e incluso matarlo, o indirecto puesto que la carencia de lluvia puede causar desecación y muerte (Speight *et al.*, 1999).

Sin embargo, los efectos de la variabilidad estacional sobre los insectos son complejos, y no siempre son fáciles de explicar (Speight *et al.*, 1999), ya que la abundancia de algunos grupos por ejemplo, puede ser mayor en la época de lluvia, mientras que otros proliferan en la época seca.

Las lluvias estacionales influyen en la medida y la forma en que las plantas hospederas conservan agua, crecen y proveen alimento a herbívoros (y por ende a las especies de niveles tróficos por arriba de ellos); mientras que durante la sequía las plantas llegan a estresarse quedando susceptibles al ataque de los insectos (Speight *et al.*, 1999). El agua es en sí el hábitat para especies de distintos ordenes de insectos, ya que las etapas inmaduras de muchas especies dependen de cuerpos de agua. Esto lleva a los insectos a refugiarse en plantas donde se forman cuerpos de agua como las bromelias, bambú, aráceas entre otras; principalmente en época de secas, debido a las condiciones favorables que la planta puede brindarles (Murillo *et al.*, 1983) .

### 3.7. Estudios de caso de artrópodos en bromelias

Las bromelias han sido de gran interés para los biólogos y ecólogos, siendo una de las familias más estudiadas en varios aspectos como son, anatomía, taxonomía, fisiología, entre otros por ejemplo: el conocimiento de los tricomas en las bromelias (Benzing, 1976), patrón de colonización de semillas de *Tillandsia* (Harvey, 1996), distribución vertical de bromelias en un bosque montano (Isaza *et al.*, 2004) trabajos taxonómicos como: descubrimiento de nuevas especies de bromelias (Matuda, 1977; Ramírez y Carnevali, 2003), además de temas de interés como es el aprovechamiento potencial de estas plantas como recurso no maderable (Acebey *et al.*, 2007).

Uno de los temas de importancia estudiados es: la interacción planta-animal, en la cual se ha evaluado la diversidad de artrópodos dentro de los tanques de las bromelias en los cuales se ha encontrado que existe una relación entre el tamaño y forma de las cavidades de las hojas de las bromelias, área de la planta y contenido de agua con la abundancia de los artrópodos (Dejean *et al.*, 1995; Ospina-Bautista *et al.*, 2004). También se ha estudiado el efecto de la complejidad del tanque de la bromelia, donde se ha encontrado que el incremento del número de hojas aumenta el área total, así como la complejidad estructural de la planta, lo que aumenta el espacio disponible para la fauna asociada (Nunes y Duarte, 1997).

Existe el caso de los estudios de especificidad de invertebrados en bromelias, tal es el caso de Fragoso y Rojas-Fernández (1996) quienes encuentran a la especie *Eutrigaster sporadonephra* Cognetti (lombriz de tierra) como una especie que se puede encontrar casi exclusivamente en *Androlepis skinneri* Brongniart ex Houillet y *Aechmea mexicana* Baker, de igual manera Romero y Vasconcellos-Neto (2005) mencionan que *Psecas chapoda* (Araneae, Salticidae) esta fuertemente asociada a *Bromelia balansae* Mez.

Se ha reportado también que existe variabilidad en cuanto a abundancia de artrópodos en bromelias relacionado con la variabilidad estacional (Murillo *et al.*, 1983; Stunz, 2001; Romero y Vasconcellos-Neto, 2005), sin embargo, falta mucho por estudiar en este ámbito ya que existen especies de artrópodos con mayor abundancia en época seca mientras otras abundan en época lluviosa.



En general, se ha concluido que las bromelias y otras epífitas como las orquídeas, son microhábitats importantes para una diversa y numerosa fauna del dosel y que diferentes epífitas acogen distintos artrópodos (Stuntz *et al.*, 2002). También existen controversias acerca de que las bromelias puedan ser consideradas como un ecosistema particular (Beutelspacher, 1999) ya que esta idea ha sido refutada por Murillo *et al.*, (1983) al decir que las bromelias constituyen un refugio o albergue y no un ecosistema, ya que el cambio en la abundancia y composición de la entomofauna está determinado por las condiciones medioambientales sin embargo, en la ecología se puede fijar el objeto de estudio de acuerdo a las necesidades del trabajo, por tanto un ecosistema puede ser: el estómago de un rumiante con su flora intestinal, un charco de agua, un bosque, un lago, en los cuales se interrelacionan los elementos bióticos y abióticos. En otras palabras, cada uno de ellos es una unidad funcional donde se integran en forma compleja los elementos vivos y no vivos del ambiente, por tanto se puede decir que las bromelias constituyen ecosistemas particulares.

Finalmente, los trabajos mencionados se han realizado en distintos tipos de vegetación: Dejean *et al.* (1995) trabajaron en un bosque inundable en Quintana Roo, México; Fragoso y Rojas-Fernández (1996) en un bosque lluvioso en Chajul, México; Nunes y Duarte (1997) en una duna primaria cubierta por matorrales en Río de Janeiro; Stuntz *et al.* (2002) trabajaron en bosque tropical húmedo en Panamá; Ospina-Bautista *et al.* (2004) en un bosque alto andino Colombiano; sin embargo, sólo hay un trabajo reportado para un bosque de encino realizado por Rojas y Casanova (2002) en Chiapas, México.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.1. Descripción del área de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en el paraje Peña Prieta que se localiza dentro del área natural protegida comunitariamente de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca (Figura 1) y se ubica aproximadamente entre los 96° 36' y 96° 39' de longitud oeste y entre 17° 09' y 17° 11' de latitud norte a 2850 msnm (INEGI, 1998).

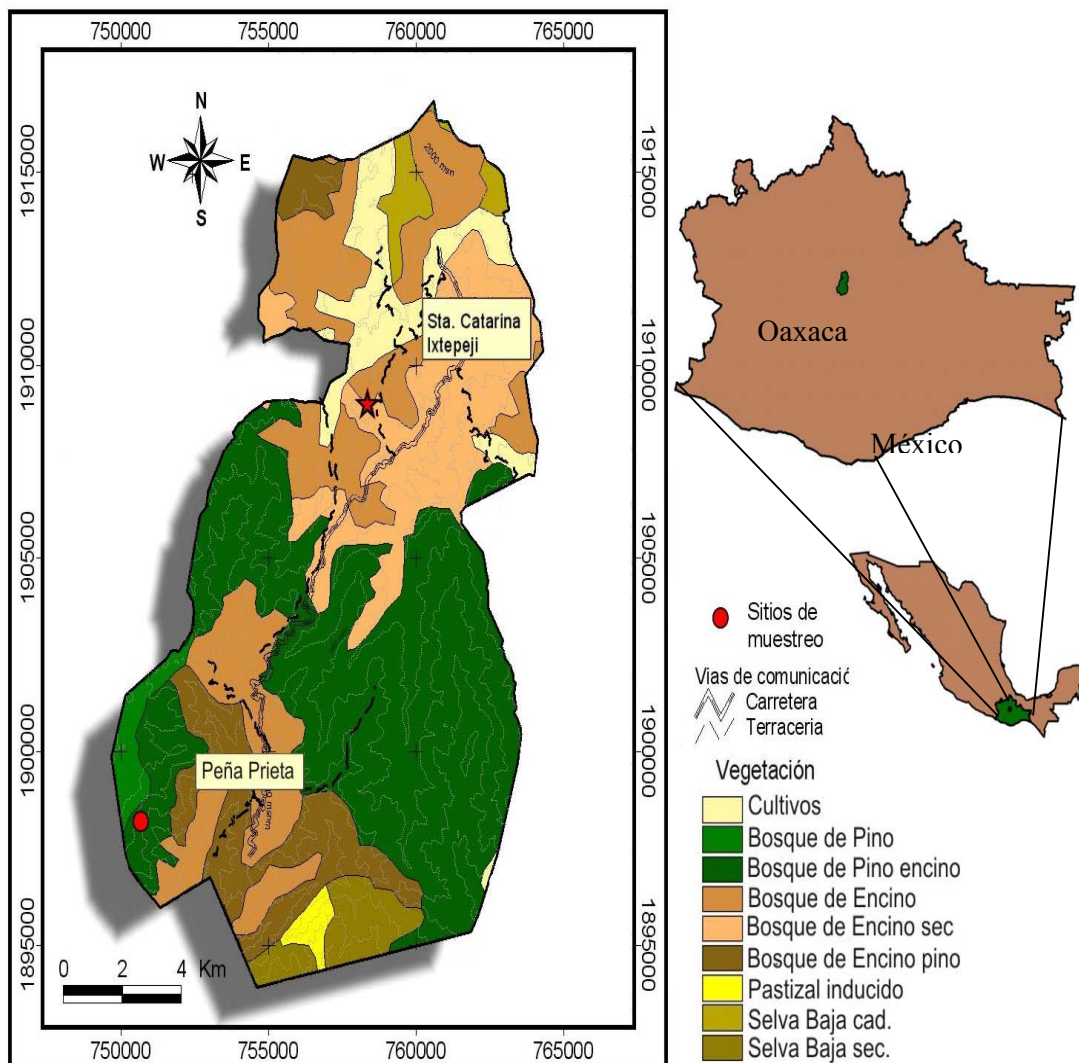


Figura 1. Mapa del municipio de Santa Catarina Ixtepeji en donde se localiza el Paraje Peña Prieta, en la Sierra Norte de Oaxaca, Elaboró: Biol. Rivera-García, R.

**Geología y suelos.** El área presenta una unidad de rocas ígneas Tom (ta), toba ácida: son tobas de colores crema y rosa, que por intemperismo adquieren tonos ocre (INEGI, 1984). Los suelos se encuentran constituidos por ceniza, algunos fragmentos líticos y cuerpos brechoides con matriz holohialina; presenta algunas pseudocapas ignimbríticas con evidentes líticos formados. En algunos sitios subyace a la unidad terciaria y está expuesta al sur de Santa Catarina Ixtepeji. La zona presenta suelos del tipo podzol de clase estructural fina, luvisol de estructura media y húmico más órtico de clase estructural media (INEGI, 1998).

**Clima.** El clima es templado a frío subhúmedo con lluvias en verano; con isoterma media anual de 14°C e isoyecta media anual de 1000 mm. Las isotermas medias máximas de noviembre, diciembre y enero son de 18 a 21 °C y mínimas de 6 a 9 °C (INEGI, 1984), mientras que para junio y julio son de 21 a 24 °C y mínimas de 9 a 12 °C. La isoyeta media de noviembre a abril es de 150 mm, hasta con 29 días de lluvia apreciable y la mayor intensidad y frecuencia pluvial se presenta de mayo a octubre con 900 mm, desde 90 hasta 119 días de lluvias (INEGI, 1984).

**Vegetación.** Con la finalidad de caracterizar la zona de estudio, se trazaron tres cuadrantes de 100 m<sup>2</sup> en donde se calculó la densidad poblacional de los árboles hospederos y de las especies de bromelias: *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*. Se calculó la altura de los árboles y la altura a la cual se distribuyen las bromelias sobre los hospederos.

El bosque donde se desarrolló el presente trabajo es de encino con alturas de siete a 16 m. Las especies de árboles más comunes son: *Quercus scytophylla* Liebm., *Quercus*

*crassifolia* Humb., *Quercus laurina* Bonpl., *Q. rugosa* Née y *Q. castanea* Née, (INEGI, 1985) y escasa presencia de *Pinus* sp. y *Arbutus* sp. La densidad promedio del género *Quercus* es de 16 árboles ( $\pm 3$ ) por cada 100 m<sup>2</sup>, también se registraron madroños (*Arbutus* sp.) con densidad de cuatro individuos ( $\pm 3$ ) y escasos pinos con una densidad de dos individuos ( $\pm 1.52$ ).

Las plantas epífitas de este bosque crecen preferentemente sobre encinos: musgos, líquenes, helechos (*Polypodium* spp.), orquídeas como *Artorima erubescens* (Lindl.) Dressler & G.E. Pollard y *Lephantes* spp., algunas Crasulaceas como *Echeveria* sp. y algunas especies de piperáceas, de acuerdo con lo reportado por Mondragón (2003) y nuestras observaciones de campo. La comunidad de bromelias está constituida por: *Tillandsia carlos-hankii* Matuda, *T. macdougalli* L.B. Sm., *T. violacea* Baker, *T. quaquaflorifera* Matuda y *T. oaxacana* L. B. Sm.

La densidad registrada para *Tillandsia carlos-hankii* en 100 m<sup>2</sup> fue de cinco ( $\pm 3$ ) bromelias maduras, con inflorescencia, y para *T. oaxacana* la densidad fue de  $24 \pm 16$  bromelias maduras, la densidad de las bromelias juveniles (varias especies no identificadas) fue de  $346 \pm 125$ . Las bromelias, objeto de estudio en el presente trabajo, estuvieron sobre los árboles en un estrato medio que va desde los dos a los 12 m.

**Fauna.** De acuerdo con Ramírez y Silva (2002) en esta zona se presentan: lince o gato montes (*Lynx rufus* Schreber), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann), tejón (*Nasua nasua* Linnaeus), ardilla (*Sciurus aureogaster* F. Cuvier), conejo (*Sylvilagus floridanus* J. A. Allen), coyote (*Canis latrans* Say), zorra gris

(*Urocyon cinereoargenteus* Schreber), mapache (*Procyon lotor* Linnaeus) así como roedores y aves como gavilán (*Accipiter* sp.), zopilote (*Coragyps atratus*), entre otros.

#### 4.2 Descripción de las especies de *Tillandsia carlos-hankii* y *T. oaxacana*

El trabajo se centró en dos especies de bromelias con características estructurales distintas (Cuadro 1), para contrastar la posible diferencia en riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos en función del tamaño y número de hojas de la bromelia. Ambas especies tienen importancia económica (como fuente de ingresos) para varias comunidades del municipio de Santa Catarina Ixtepeji.

Cuadro 1. Características de *Tillandsia carlos-hankii* y *Tillandsia oaxacana*.

Descriptor	<i>Tillandsia carlos-hankii</i>	<i>Tillandsia oaxacana</i>
Tamaño	40 - 89 cm de altura	17 - 30 cm de altura
Longitud de las hojas	56.44 cm $\pm$ 9.95	22.84 cm $\pm$ 3.82
Volumen de retención de agua en el tanque a saturación	Hasta 1, 400 ml	Hasta 300 ml
Escapo	Recto, robusto, conspicuo	Curvo, corto, escondido por las hojas
Inflorescencia	Cilíndrica de 57 a 70 cm de largo	Subcilíndrica de 10 a 30 cm de largo
Flores	Corola verde, 4 cm de largo	Corola violeta, 5 cm de largo
Distribución	Entre 1900 y 2900 msnm, Endémica de Oaxaca	Entre 1800 y 3100 msnm, en Oaxaca y Guerrero, endémica de México.

Fuentes: Los datos fueron tomados de observaciones personales y complementados con Smith, L. y R. Jack. (1977). El volumen de agua retenida fue calculada en laboratorio de acuerdo con Zotz y Thomas, 1999.

*T. carlos-hankii* (Figura 2) y *T. oaxacana* (Figura 3) se distribuyen en bosques de pino encino en Oaxaca (Espejo-Serna *et al.*, 2004). En Santa Catarina Ixtepeji ambas

especies tienen uso religioso y comercial. *T. carlos-hankii* se clasifica como una especie amenazada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-94).



Figura 2. *Tillandsia carlos-hankii* (Fotografía de Franco Mdz.)



Figura 3. *Tillandsia oaxacana* (Fotografía de Franco Mdz.)

#### 4.3 Definición de la época de colecta de bromelias

Tomando como base los datos climatológicos (temperatura y precipitación) de 1996 a 2006, de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2007) y las cartas temáticas del INEGI, fue definida la época seca y la época de lluvia. La época seca comprende de noviembre a abril (precipitación promedio de 150 mm y temperatura de 28 °C) y la época lluviosa se determinó de mayo a octubre (precipitación media de 900 mm y temperatura de 24 °C). Así, los muestreos de la época de lluvia se realizaron en septiembre de 2005 y agosto de 2006; y para la época seca fueron en marzo de 2006 y marzo de 2007.

Se realizaron cuatro colectas: dos en época de lluvia (septiembre 2005 y agosto 2006) y dos en época seca (marzo 2006 y marzo 2007) ya que ambas épocas son contrastantes. Se decidió muestrear en dichos meses ya que mediante los registros climatológicos de los últimos años, denotan que en promedio eran los meses con mayor precipitación y menor precipitación, respectivamente (CNA, 2007).

El muestreo fue al azar y se realizó por época y por especie de bromelia. Se recolectaron 10 individuos de cada especie de bromelia (*T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*), los cuales se encontraban a un estrato de dos a cuatro metros de altura de los árboles hospederos. Durante el muestreo de la época seca de 2007, no se encontraron individuos maduros de *T. carlos-hankii* en el sitio, debido a ello no se realizó la colecta de dicha especie.

Al momento de la colecta bromelias y para evitar el escape de algunos macroartrópodos, se colocó una bolsa de plástico sobre la planta y entonces fue removida del hospedero. Todos los ejemplares colectados fueron etiquetados correctamente.

#### 4.4 Colecta y determinación taxonómica de macroartrópodos

La palabra macroartrópodos se emplea para designar a un grupo artificial que incluye a varios grupos taxonómicos de invertebrados que tienen un tamaño mayor a 500 micras o visibles a simple vista. La medida de referencia puede variar dependiendo del autor (com. pers. Gutiérrez-Yurrita, 2007; Palacios, 2007 y F. Janssens 2007). Los grupos taxonómicos a los que se les considera macroartrópodos son: crustáceos, anélidos, moluscos, arácnidos, insectos y miriápodos.

Aquí se siguió el criterio del Dr. Janssens, los macroartrópodos colectados fueron sólo los observables a simple vista. La colecta se llevó a cabo en laboratorio, deshojando y revisando minuciosamente las hojas de las bromelias, las brácteas del escapo y la inflorescencia. Los individuos reunidos fueron colocados en frascos con alcohol al 70%, etiquetados perfectamente. Para los análisis sólo se tomaron en cuenta los macroartrópodos adultos, se excluyeron las larvas y juveniles en los análisis debido a la dificultad para su determinación taxonómica.

La determinación taxonómica de lo macroartrópodos se hizo a nivel de: orden, familia, género y algunos a nivel de especie. Fue difícil clasificar a todos los individuos a nivel de especie por lo que se adoptó la designación de clases morfológicas o morfoespecies.



El concepto de morfoespecie, aquí aplicado, se refiere a una unidad taxonómica por debajo de género, donde se diferenciaron morfológicamente a los individuos, pero que no se logró identificar a la especie de manera precisa. Entonces la diferencia entre morfoespecies radica en los caracteres morfológicos observables, por ejemplo: coloración del organismo, venación de las alas, fórmula tarsal, número de segmentos de la antena, número de ojos, etc. La nomenclatura utilizada fue el nombre del género y después de género se le agregó el lexema que describía la característica morfológica distinguible de la morfoespecie.

La determinación taxonómica de los artrópodos se llevó a cabo en las instalaciones del CIIDIR-Oaxaca con el empleo de diferentes claves taxonómicas: Borror *et. al.*, (1976), (Kaston (1978) y Castner, (2004), entre otras. Fue muy importante la ayuda de especialistas para corroborar las determinaciones y/o para determinar los ejemplares a niveles más específicos: Dr. Luis Cervantes (Hemiptera), M. C. Luis L. Delgado (Coleoptera y Staphylinidae), M. C. Enrique Montes de Oca (Carabidae), Biol. Luis Quiroz R. (Formicidae) y Dr. Sergio Ibáñez B. (Diptera) todos ellos del Instituto de Ecología A. C. y del CIIDIR-IPN Oaxaca se tuvo el apoyo del Dr. J. Antonio Sánchez García (Vespidae, Ichneumonidae). Ejemplares de la familia Vespidae e Ichneumonidae fueron depositados en la Colección de insectos del CIIDIR-OAXACA, en tanto que los ejemplares se depositaron en la colección Entomológica del Instituto de Ecología A.C.

#### 4.5 Características morfológicas de las bromelias

Con el fin de analizar la posible relación entre las características morfológicas de las bromelias y la riqueza, abundancia y diversidad de artrópodos, a cada ejemplar colectado de bromelia, se midió la altura total de la planta (a partir de la base de la

planta hasta el ápice de la inflorescencia), la longitud total de la hoja más larga (medida desde la base hasta el ápice), número de hojas y número de cavidades formadas en la base de las hojas.

#### 4.6 Cálculo de los estimadores de diversidad

**Riqueza.** La riqueza de especies se registró mediante el conteo del número de especies y morfoespecies, lo cual será suficiente para describir la diversidad alfa. Este conteo se hizo para cada una de las plantas colectadas, en cada época y por especie de bromelia.

**Abundancia.** La abundancia de los macroartrópodos se cuantificó como la suma del número de individuos de cada morfoespecie presente en cada una de las bromelias, por época de muestreo y por especie.

**Diversidad.** Para medir la diversidad de especies se han desarrollado una gran cantidad de estimadores, sin embargo, para los objetivos del presente trabajo se determinó emplear el índice de Diversidad de Shannon-Weiner, el cual ayuda a cuantificar la estructura de la comunidad de macroartrópodos. Se optó por este índice debido a su robustez, ya que refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes (en este caso la suma de las especies y morfoespecies) y su abundancia relativa. Se calculó el índice de diversidad: en cada bromelia colectada y por época de muestreo, con base en la fórmula siguiente:

Índice de Shannon-Weiner:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde:

H = índice de Shannon-Weiner

S = número de especies

$p_i$  = abundancia relativa de la especie; es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Log = logaritmo base 10

#### 4.7 Análisis estadístico de datos

Para saber si los muestreos de la misma época (ej. lluvia 2005 y lluvia 2006) son estadísticamente diferentes o no, y además de esa forma poder fusionarlos eliminando el efecto del año, se procedió a comparar la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos entre épocas iguales de los muestreos evaluados, para ello se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, teniendo como variable independiente el año de muestreo y variable dependiente la riqueza, abundancia y diversidad, de macroartrópodos. El análisis se realizó para la época seca y de lluvia en las dos especies de bromelias. Inicialmente los datos de riqueza, abundancia y diversidad, fueron transformados mediante la ecuación  $= \sqrt{X + 1}$ , con la finalidad de lograr la normalización de los datos.

Con la finalidad de determinar la diferencia significativa entre riqueza, abundancia y diversidad, entre épocas, especies y la interacción estadística entre la especie de bromelia y la época de muestreo, se realizó un análisis de varianza utilizando el modelo lineal desbalanceado de bloques al azar, considerando a las plantas muestreadas como replicas, esto es 10 plantas fueron las replicas.

Para establecer la posible diferencia significativa entre los índices de diversidad obtenidos, se aplicó la prueba de T de Student, esta prueba compara las medias de dos grupos de datos independientes y determina si la diferencia entre los parámetros analizados son estadísticamente significativas.

Con el fin de poder predecir el número de especies que se pudieran encontrar potencialmente en la zona de estudio, se aplicaron los modelos de Dependencia Lineal (el cual predice mejor el límite inferior de la asíntota) y de Clench (predice mejor el límite superior). Con la utilización de dichos modelos se puede extrapolar el número de especies observado para estimar el total de especies que estarían presentes en el área de muestreo, es decir el número de especies con el cual se alcanzará la asíntota. Para ambos modelos dicha asíntota se calcula como la relación  $a/b$ .

Modelo de Clench (MC):

$$E(S) = \frac{a x}{1 + b x}$$

Donde:

$E(S)$  = número esperado de especies

$a$  = tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario

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

$x$  = número acumulativo de muestras

Modelo de dependencia lineal (MDL):

$$ES = \frac{a}{b} (1 - e^{-bx})$$

Donde:

$E(S)$  = número esperado de especies

$a$  = tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario

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

$e$  = exponencial

$x$  = número acumulativo de muestras

Para valorar si existe una correlación significativa entre las características morfológicas de las bromelias con la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos, se realizó un análisis de correlación de Paerson, utilizando un  $\alpha = 0.05$ .

## 5. RESULTADOS

En *T. oaxacana* se registraron siete bromelias sin macroartrópodos adultos (una en época seca y seis en lluvia), a diferencia de *T. carlos-hankii* en donde todas las bromelias presentaron macroartrópodos adultos.

### 5.1 Riqueza de macroartrópodos

Como ya se mencionó, el concepto de morfoespecie empleado en este trabajo se refiere a organismos identificados con base en caracteres morfológicos observables como son: coloración del organismo, venación en las alas, número de segmentos en la antena, número de ojos. El nombre de cada morfoespecie esta compuesto por el género y un lexema, en algunos casos por el nombre de la familia y el lexema, esto último debido a que no se pudo determinar el género. Al final de este trabajo, se obtuvo un bajo porcentaje de ejemplares determinados a nivel de especie, se hablará de morfoespecies y en los casos perfectamente determinados, se mencionarán a las especies como tal.

Se colectaron 127 morfoespecies (incluyendo a las especies taxonómicamente identificados) de macroartrópodos, pertenecientes a 115 géneros, 70 familias y 19 ordenes. Los macroartrópodos fueron determinados taxonómicamente en un 100% a nivel de orden y familia, a género 92% y a nivel de especie sólo 27%.

### 5.1.1. Variación de la riqueza de morfoespecies entre épocas y entre especies

No hubo diferencias significativas entre los dos muestreos de la época de lluvias (2005 y 2006) tanto en el caso de *T. carlos-hankii* ( $F=0.0093$  y  $P=0.924$ ) como en *T. oaxacana* ( $F=0.0008$  y  $P=0.98$ ); para los muestreos de seca 2006 y 2007 en *T. oaxacana*, tampoco se encontraron diferencias significativas ( $F=1.1611$  y  $P=0.295$ ). Debido a que no se registraron diferencias significativas entre los dos muestreos de cada época, se procedió a fusionar los datos para ser registrados como época de lluvia y época de seca.

Habiendo fusionado los muestreos, se procedió a comparar la riqueza de macroartrópodos entre épocas, obteniendo que para *T. carlos-hankii* no hubo diferencia significativa entre la época de lluvia y seca ( $F=1.567$  y  $P=0.221$ ), pero en *T. oaxacana* sí hubo diferencia significativa ( $F=20.670$  y  $P=5.415E-05$ ).

En cuanto a la riqueza para la fuente de varación especies (Figura 4), se determinó que sí hubo diferencias significativas entre *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* ( $F=61.411$  y  $P=1.871E-09$ ) lo mismo entre épocas ( $F=29.256$  y  $P=9.077E-06$ ). No hubo interacción entre especie de bromelia y época de muestreo para la riqueza de macroartrópodos ( $F=2.04$  y  $\alpha=0.05$ ) ver Anexo 1.

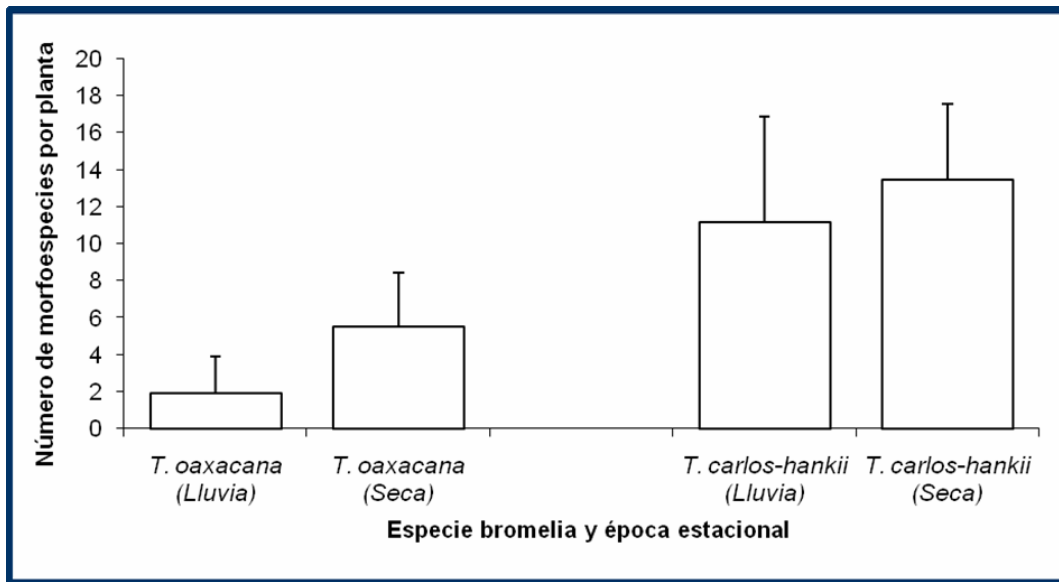


Figura 4. Riqueza de macroartropodos en las dos épocas de muestreo para *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*, en Peña Prieta ( $\pm 1$  DVS).

#### 5.1.2 Curvas de acumulación de morfoespecies

En *T. carlos-hankii* se obtuvieron 106 (Figura 5a) morfoespecies con los cuales no se alcanza la asíntota de acuerdo a los modelos aplicados, pues para el modelo de Clench (MC) se deben obtener 158 especies para alcanzar la asíntota y para ello se requiere un esfuerzo de 254 bromelias colectadas; el modelo de dependencia lineal (DL) indica que se deberían obtener 112 especies con un esfuerzo de 39 bromelias colectadas. En general, en ninguno de los tres muestreos en *T. carlos-hankii* se alcanzó la asíntota en la curva de acumulación de especies. En los muestreos de la época de lluvia (figura 5 b) se obtuvo una riqueza de 81 morfoespecies con un esfuerzo de 20 bromelias, para lo cual el modelo de Clench indica que se alcanzó un 60% del total de especies que podría obtenerse es decir 132 especies con un esfuerzo de colecta de 265, en tanto que el modelo de dependencia lineal indica que se alcanzó un 88% de las 91 especies posibles con un esfuerzo de 32 muestreos. Se observa que los valores siguen el patrón de los modelos de Clench y de dependencia lineal, aunque no se alcanza la asíntota.

Durante la época seca se registraron 53 morfoespecies (Figura 5c), alcanzando un 65% de las posibles especies por coleccionar que serían 82 con un esfuerzo de 113 muestreos (bromelias) de acuerdo al modelo de Clench (MC) o el 91% de las 59 especies con un esfuerzo de 14 colectas de acuerdo al modelo de dependencia lineal (DL).

En *Tillandsia oaxacana* se registró un total de 62 morfoespecies, con los cuales no se pudo alcanzar la asíntota (Figura 6a), de acuerdo al MC se debe registrar el doble de las especies encontradas (106 morfoespecies) con un esfuerzo de 414 bromelias, en tanto que para el modelo de DL se deberán registrar 71 morfoespecies con un esfuerzo de 65 bromelias. Durante la época de lluvia se registró una riqueza de 24 morfoespecies, alcanzando un 36% del total potencial de 67 especies con un esfuerzo de 677 muestreos de acuerdo al modelo de Clench o el 60% de una riqueza de 40 especies que se podría alcanzar con un esfuerzo de 65 muestreos de acuerdo al modelo de dependencia lineal (Figura 6 b).

En la época seca se registró una riqueza de 49 morfoespecies, con lo cual se alcanzó un porcentaje de 53% de las 95 especies potenciales con un esfuerzo de 356 colectas, de acuerdo con el modelo de Clench; mientras que el modelo de dependencia lineal indica que se alcanzó el 82% de una riqueza potencial de 62 especies que se alcanzaría realizando un esfuerzo de 39 muestreos. En la Figura 6(c) se observa que las especies registradas van acorde a los dos modelos.



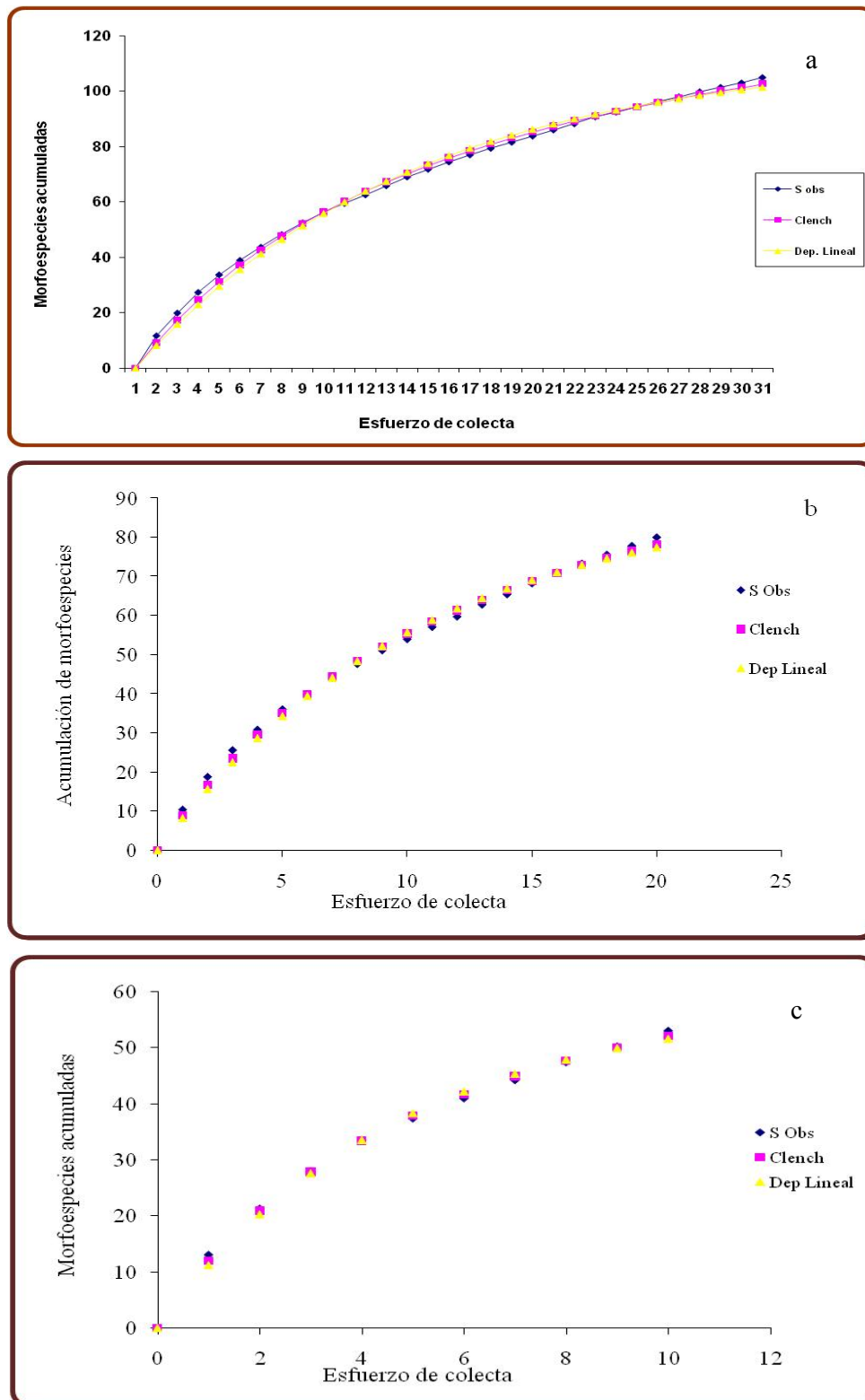


Figura 4. Curva de acumulacion de morfoespecies de macroartrópodos en *T. carlos-hankii* usando el modelo de Clench, de dependencia lineal y su comparación con los valores observados. a) ambas épocas, b) época de lluvia y c) época seca.

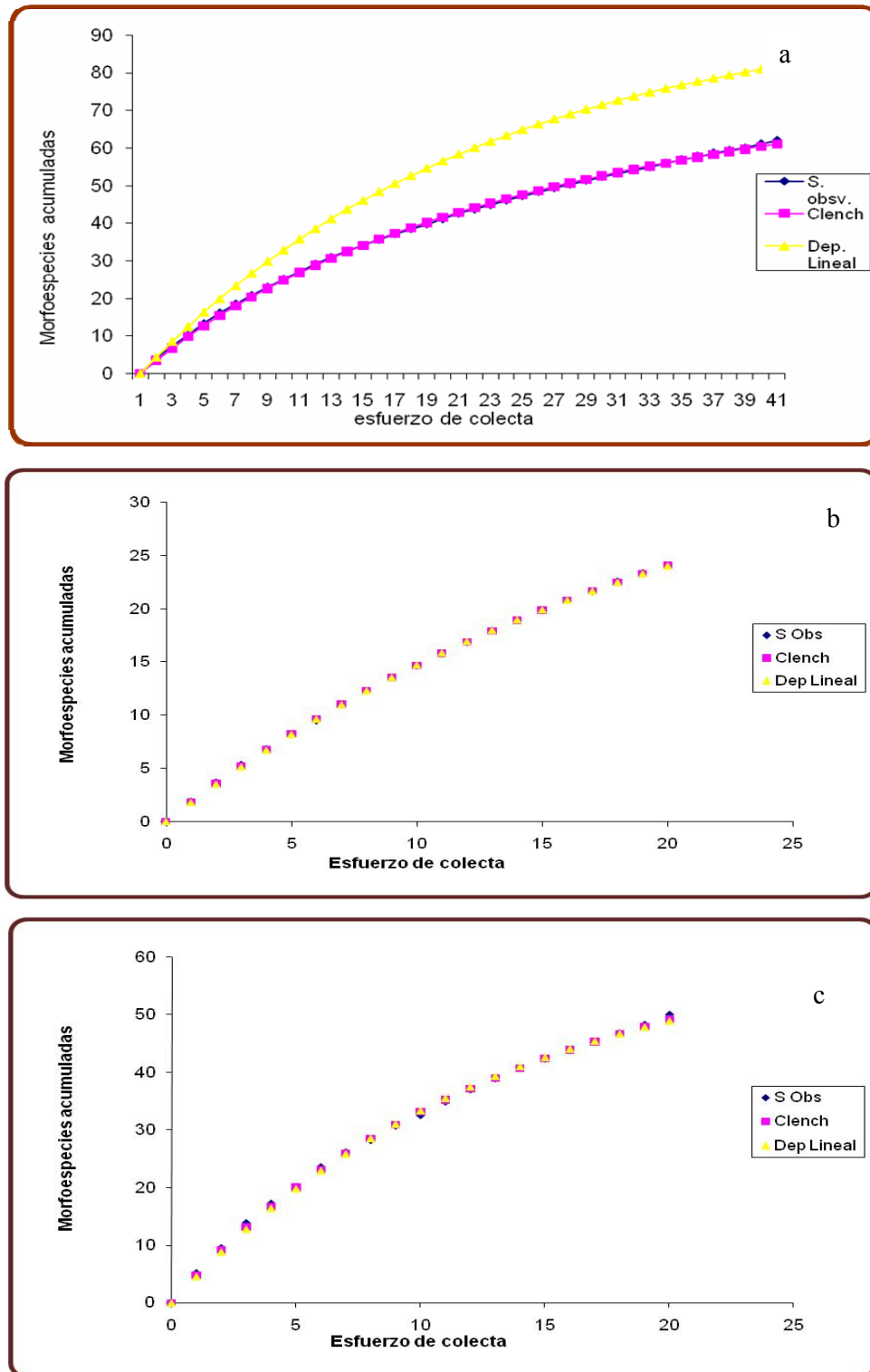


Figura 5. Curva de acumulación de morfoespecies de macroartrópodos en *T. oaxacana* usando el modelo de Clench, de dependencia lineal y su comparación con los valores observados. a) ambas épocas, b) época de lluvia y c) época seca.

### 5.1.3 Riqueza de morfoespecies por orden

En los muestreos realizados, los ordenes de mayor riqueza fueron Araneae (32 morfoespecies), Coleoptera (30 morfoespecies) y Hemiptera (19 morfoespecies) y los de menor riqueza Scorpionida, Pseudoescorpionida, Polydesmida, Julida, Microcoryphia y Dermaptera con una morfoespecie cada uno.

Específicamente para *Tillandsia carlos-hankii* se registraron 19 ordenes de macroartrópodos; 18 en la época de lluvia y 14 en época seca. El orden de mayor riqueza en las dos épocas fue Araneae con 27 morfoespecies en lluvia y 11 en seca, le sigue el orden Coleoptera con 17 y 13 morfoespecies y Hemiptera con 6 y 9 morfoespecies respectivamente (Figura 7).

En *Tillandsia oaxacana* se contabilizó un total de 13 ordenes; 11 de ellos se registraron en la época de lluvia mientras que para la época seca fueron 10. Durante la época de lluvia se registraron los órdenes Araneae e Hymenoptera como los de mayor riqueza con cuatro morfoespecies, a estos le siguen los ordenes Hemiptera y Coleoptera con tres morfoespecies cada uno. En la época seca Araneae (14 morfoespecies) fue también el de mayor riqueza, seguido de Coleoptera (13 morfoespecies) y Hemiptera (10 morfoespecies), (Figura 7).

*T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* comparten ocho ordenes en común y en ambas épocas de muestreo para ambas especies: Araneae, Orthoptera, Hemiptera, Homoptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera y Lepidoptera. También se registran diferencias de los ordenes entre las dos especies de bromelias: los ordenes Scorpionida, Pseudoescorpionida, Polydesmida y Microcoryphia, se presentaron sólo en *T. carlos-hankii* durante la época de lluvia, *T. oaxacana* no presentó ordenes únicos.

Hemiptera, Coleoptera y Araneae presentaron una mayor riqueza durante la época de lluvia en *T. carlos-hankii*, en tanto que en *T. oaxacana* la mayor riqueza es en la época seca (Figura 7). Los ordenes Psocoptera, Julida y Lithobiomorpha se presentaron en *T. carlos-hankii* durante las dos épocas, mientras que en *T. oaxacana* solo se presentaron en la época de lluvia. Los ordenes Lithobiomorpha, Julida y Psocoptera se presentaron en la época de lluvia, mientras que Geophilomorpha y Dermaptera sólo se registraron durante la época seca. Los ordenes Lithobiomorpha, Julida y Psocoptera se presentaron en la época de lluvia, mientras que Geophilomorpha y Dermaptera sólo se registraron durante la época seca. Dermaptera sólo se registró durante la época seca en las dos especies de bromelia. Todo esto indica una probable especificidad por especie de bromelia y variaciones entre épocas.

#### 5.1.4 Riqueza de morfoespecies por familia

Se clasificaron en total 69 familias. En *T. carlos-hankii* se encontró un total de 62 familias, de las cuales 55 estuvieron presentes en la época lluviosa y 35 en época seca. Para *T. oaxacana* se registraron 39, de estas 18 se presentaron en lluvia y 31 en seca (Figura 8).

Del total de las familias de macroartrópodos registradas en todos los muestreos, las de mayor riqueza fueron: Salticidae (nueve morfoespecies), Carabidae (seis), Lygaeidae, Pentatomidae y Formicidae con cinco morfoespecies cada una, mientras que las demás presentaron tres o menos morfoespecies (Figura 8).

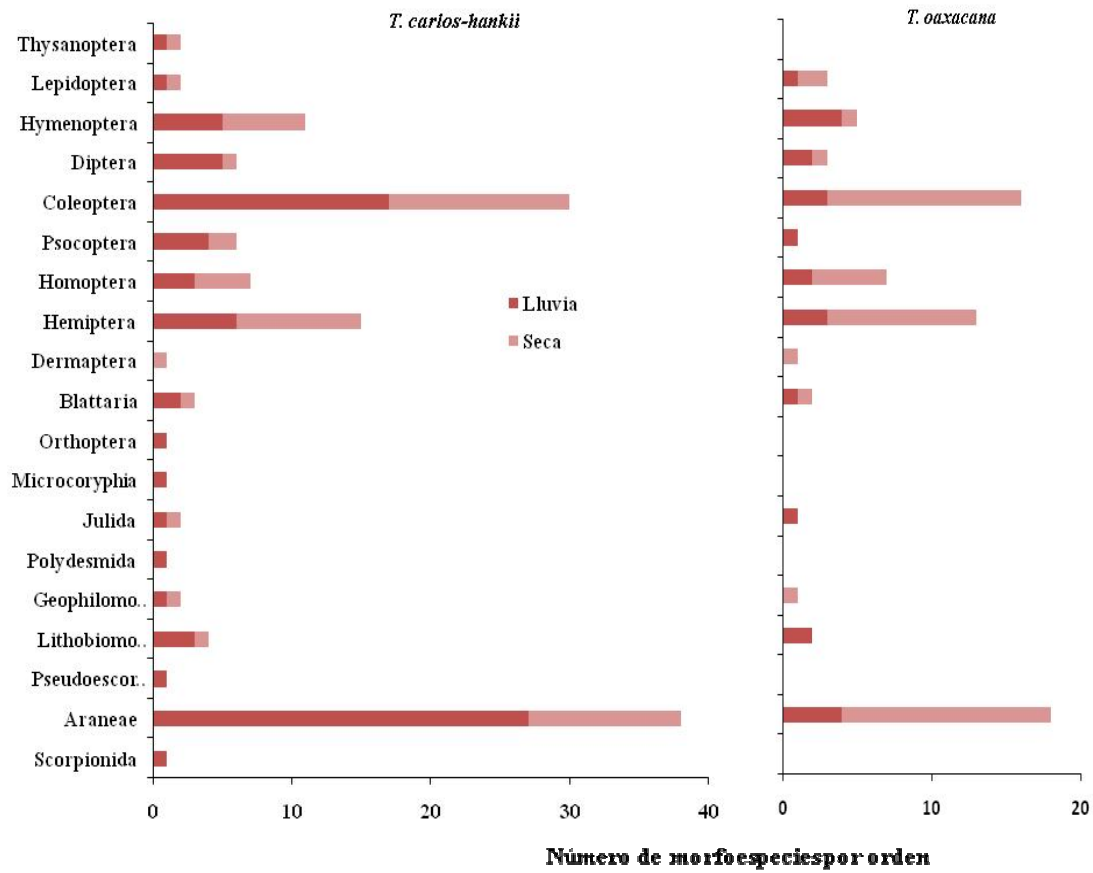


Figura 7. Riqueza de morfoespecies por orden en *T. carlos-hankii* (N=30 muestras) y *T. oaxacana* (N=40 muestras) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.

Las familias de mayor riqueza presentes en *T. carlos-hankii* en la época lluviosa fueron: Salticidae con ocho morfoespecies, Lygaeidae y Carabidae con cinco morfoespecies cada una. Las familias Salticidae e Ichneumonidae también fueron la de mayor riqueza en época seca con cuatro morfoespecies cada una, Clubionidae, Coreidae, Carabidae e Ichneumonidae con tres (Figura 8).

En *Tillandsia oaxacana*, las familias de mayor riqueza durante la época lluviosa fueron Salticidae y Formicidae con tres morfoespecies cada una, Lygaeidae y Cicadellidae con dos morfoespecies cada una. Para la época seca, la familia Salticidae fue la de mayor

riqueza con seis morfoespecies, a esta le siguen Pentatomidae y Carabidae con cuatro morfoespecies, Clubionidae y Cicadellidae con tres morfoespecies cada una. Las demás familias sólo presentaron dos o una morfoespecie (Figura 8).

En *T. carlos-hankii* 29 de las familias sólo se presentaron en lluvias y ocho sólo en la época seca. En *T. oaxacana*, ocho de las familias registradas sólo se presentaron en época lluviosa y 20 sólo en época seca. Siete de las familias fueron registradas durante las dos épocas de muestreo en las dos especies de bromelias: Clubionidae, Salticidae, Blattellidae, Lygaeidae, Cicadellidae, Carabidae y Staphylinidae. También se registraron familias exclusivas para cada una de las especies de bromelia: en *T. carlos-hankii* fueron 26 familias, en tanto que para *T. oaxacana* fueron cinco (Figura 8).

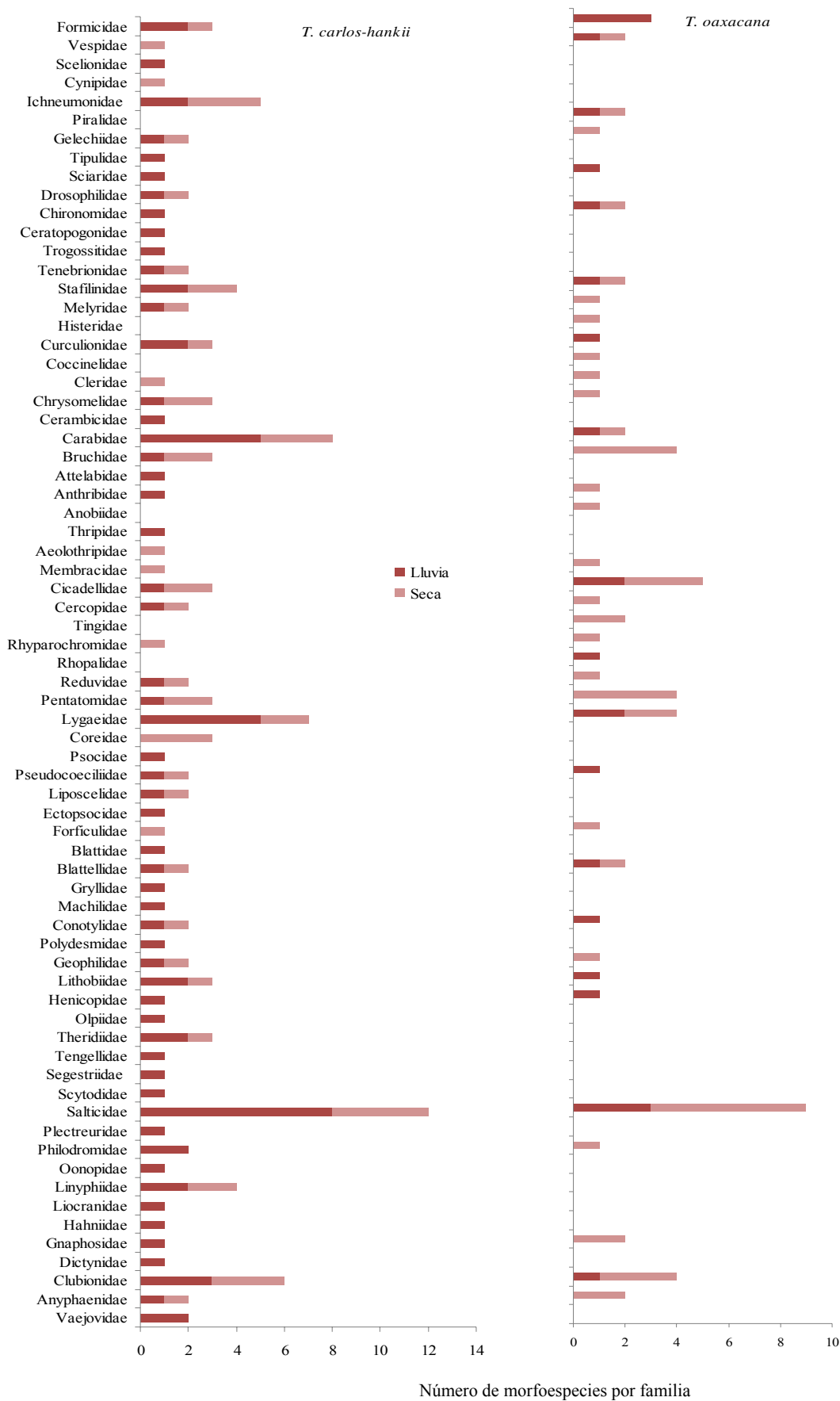


Figura 8. Riqueza de morfoespecies por familia, en *T. carlos-hankii* (N=30 muestreos) y *T. oaxacana* (N=40 muestreos) durante las dos épocas de muestreo en Peña Prieta.

### 5.1.5 Riqueza de morfoespecies por género

Se encontraron 105 géneros. Para las dos especies de bromelias, el género *Platynus* (Carabidae) fue el de mayor riqueza, ya que presentó cinco especies, los demás presentaron menos de dos morfoespecies.

En *T. carlos-hankii* se registraron 75 géneros en lluvias y 49 en secas. Durante la época de lluvia sólo *Platynus* presentó cuatro morfoespecies, *Euophrys*, *Lithobus* y *Temnothorax* presentaron dos morfoespecies cada uno, mientras que los demás géneros presentaron sólo una morfoespecie. En la época seca los géneros de mayor riqueza fueron nuevamente *Platynus* spp. con tres especies, le siguen *Anasa* (Coreidae) y *Callosobruchus* spp. (Bruchidae) con dos morfoespecies cada uno. En *T. carlos-hankii* se encontraron 27 géneros presentes en las dos épocas; 48 géneros más, no registrados en época seca en tanto que para la época seca se registraron 22 géneros no presentes en la época de lluvia (Figura 9).

Para *Tillandsia oaxacana* se registraron 24 géneros en época de lluvia y 49 en época seca. Los géneros con mayor riqueza de macroartrópodos se registraron en la época seca en donde *Podisus*, *Neokolla* y *Callosobruchus* presentaron dos morfoespecies cada uno, en tanto que durante la época de lluvia todos los géneros presentaron una sola morfoespecie cada uno (Figura 9). Parece notoria la influencia de la estación en la riqueza de especies a nivel género. En *T. oaxacana*, 12 géneros se registraron durante las dos épocas; encontrando además 33 géneros exclusivos de la época seca y 12 de la época lluviosa (Figura 10).



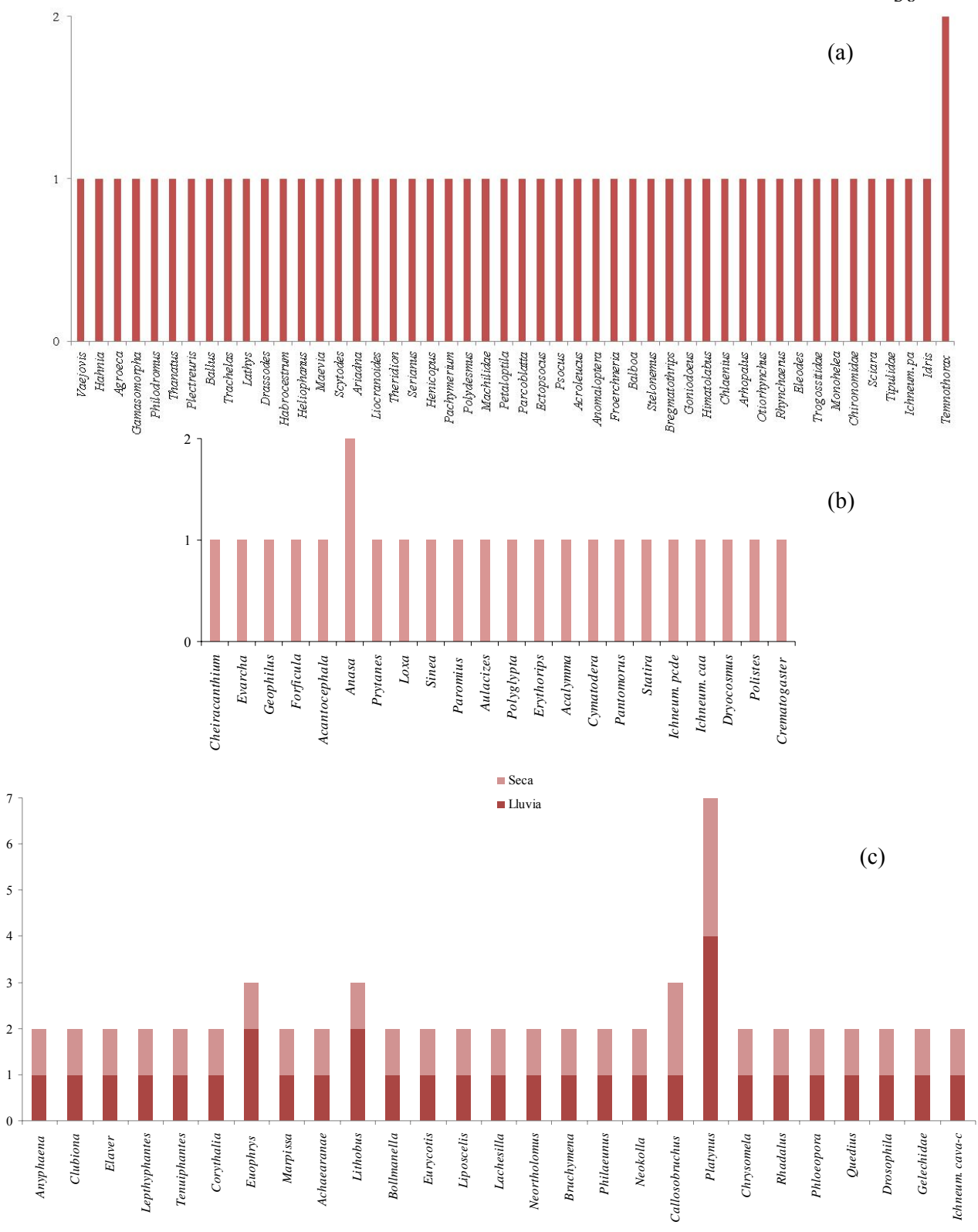


Figura 9. Riqueza de morfoespecies por género, registrados en *T. carlos-hankii* (N=30 muestreos) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta. a) y b) morfoespecies presentes en una época y c) morfoespecies registradas en ambas épocas.

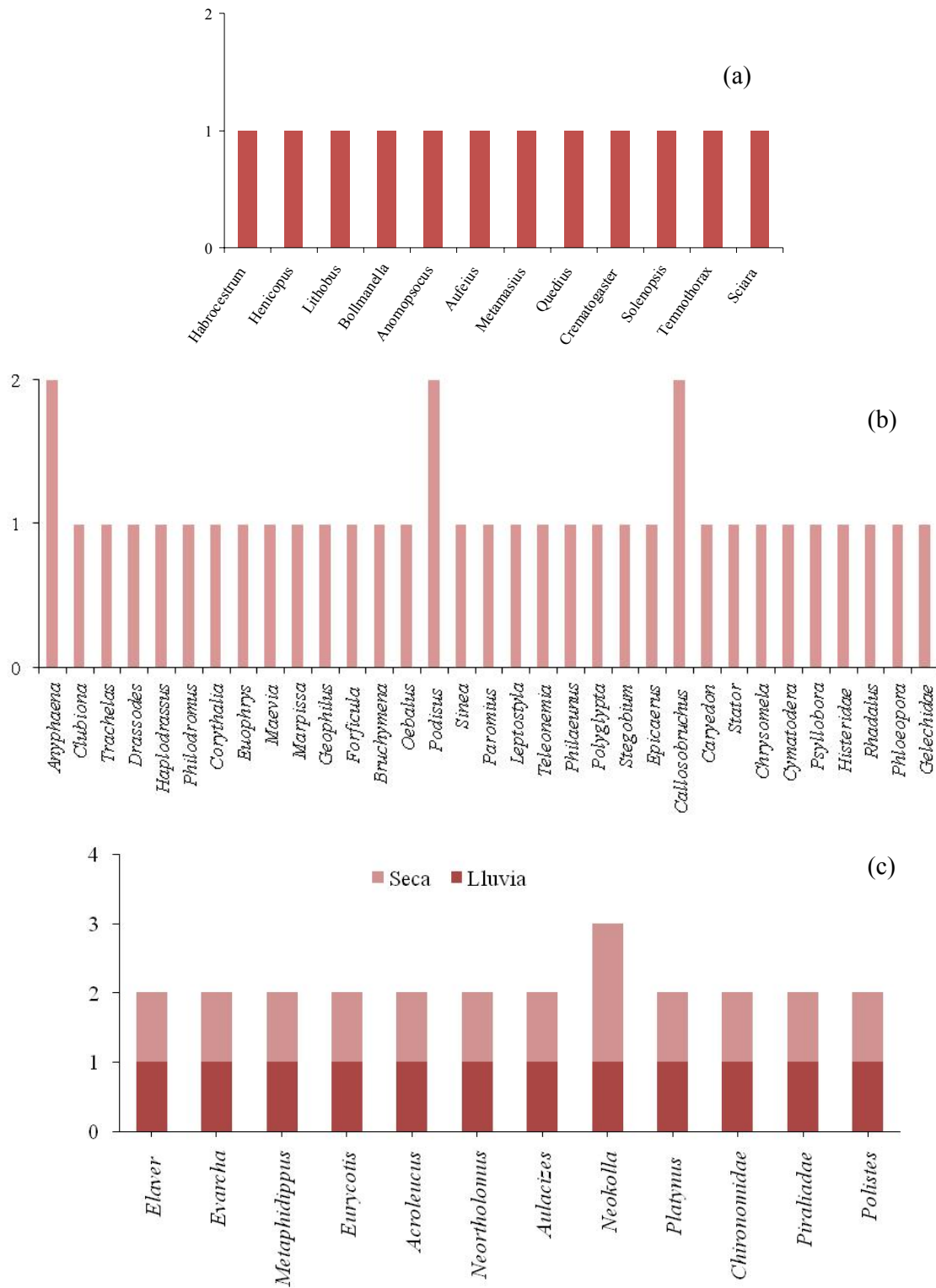


Figura 10. Riqueza de morfoespecies por género, registrados en *T. oaxacana* (N=40 muestreo) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta. a) y b) morfoespecies presentes en una sólo época y c) morfoespecies registradas en ambas épocas.

Sólo cuatro géneros fueron registrados durante las dos épocas en las dos especies de bromelias: *Eurycotis*, *Neortholomus*, *Neokolla* y *Platynus*. En cuanto géneros únicos, se tiene para *T. carlos-hankii* 46 géneros no compartidos con *T. oaxacana*, en cambio *T. oaxacana* presentó 15 géneros únicos.

#### 5.1.6. Macroartrópodos entre épocas y entre especies de bromelias

En *T. carlos-hankii* se encontró una riqueza mínima de tres morfoespecies con un máximo de 20 por planta durante la época de lluvia, en tanto que para la época seca se registró un mínimo de seis y un máximo de 19 morfoespecies por bromelia (Cuadro 2). En el caso de *T. oaxacana* se registró un mínimo de una morfoespecie y un máximo de siete en la época de lluvia, para la época seca encontramos también un mínimo de una morfoespecie con un máximo de 11.

Cuadro 2. Riqueza de macroartrópodos con máximos, mínimos, desviación estándar y promedio para las dos especies de bromelias muestreadas en Peña Prieta, Ixtepeji. N=20 bromelias en cada época, excepto para *T. carlos-hankii* en la época seca donde N=10 bromelias.

Bromelia	Época	Riqueza por época	Desviación estándar	Promedio por planta	Mínimo	Máximo
<i>T. carlos-hankii</i>	Lluvia, n=20	81	5.653	11.2	3	20
	Seca, n=10	53	4.061	13.5	6	19
<i>T. oaxacana</i>	Lluvia, n=20	24	1.971	1.9	1	7
	Seca, n=20	49	2.929	5.5	1	11

Algunas de las morfoespecies se presentaron sólo durante la época seca (Anexo 1) en ambas especies: *Geophilus uecacl* (Geophilidae), *Forficula* aff. *auricularia* (Forficulidae), *Sinea page* (Reduvidae), *Paromius longulus* (Rhyparochromidae), *Polyglypta* aff. *dorsalis* (Membracidae), *Callosobruchus cgpr* (Bruchidae) y

*Cymatodera dmcose* (Cleridae). Otras se presentaron sólo durante la época de lluvia en las dos especies de bromelias: *Habrocestrum p1mlq3* (Salticidae), *Henicopus upo* (Lithobiidae), *Sciara cnao* (Sciaridae) y *Temnothorax striatulus* (Formicidae).

Las morfoespecies que *T. carlos-hankii* presentó en las dos épocas y que no comparte con *T. oaxacana* fueron: *Lepthyphantes mce* y *Tenuiphantes octl* ambos de la familia Lyniiphidae, *Liposcelis ftpe* (Liposcelididae), *Lachesilla aavc-anfvm* (Pseudocoeciliidae), *Platynus dominicensis* (Carabidae) y finalmente *Drosophila orcarc* (Drosophilidae). En el caso de *T. oaxacana*, sólo presentó dos morfoespecies en ambas épocas que no comparte con *T. carlos-hankii*: *Metaphidippus cpdp* (Salticidae) y *Piraliadae pecha* (Piralidae).

También se encontraron 73 morfoespecies sólo durante una época en una sola especie de bromelia, es decir morfoespecies únicas: en *T. carlos-hankii* se registraron 42 en época de lluvia y 14 en época seca, para *T. oaxacana* fueron cinco en época de lluvia y 14 en época seca.

## 5.2 Abundancia de macroartrópodos

El número total de individuos registrados fue de 1061 macroartrópodos adultos. Sin embargo, además de éstos también se registraron otros organismos no incluidos en los análisis: 217 individuos en estado larvario, 311 en estado juvenil, 23 ácaros y 140 colémbolos, teniendo entonces un total de 1,752 individuos en 70 bromelias muestreadas.

### 5.2.1 Variación de la abundancia de macroartrópodos entre épocas y entre especies de bromelia

No hay diferencias estadísticas entre los dos muestreos de época de lluvia de *T. carlos-hankii* ( $F=0.26$  y  $P=0.614$ ), al igual que en de *T. oaxacana* ( $F=0.069$  y  $P=0.796$ ), lo mismo sucedió para los muestreos de seca 2006 y 2007 en *T. oaxacana* ( $F=0.687$  y  $P=0.418$ ).

No hubo diferencia estadística de la abundancia en *T. carlos-hankii* ( $F=0.257$  y  $P=0.616$ ) entre época de lluvia y seca, en el caso de *T. oaxacana* si se encontró diferencia estadística entre épocas ( $F=22.978$  y  $P=2.525E-05$ ). Se registraron diferencias significativas entre las especies: *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* ( $F=48.302$  y  $P=2.874E-08$ ) para la época de lluvia, así como en la época seca ( $F=28.583$  y  $P=1.077E-05$ ) ver figura 11. No hubo interacción entre especie de bromelia y época de muestreo en la abundancia ( $F=1.61$  y  $P=0.209$ ).

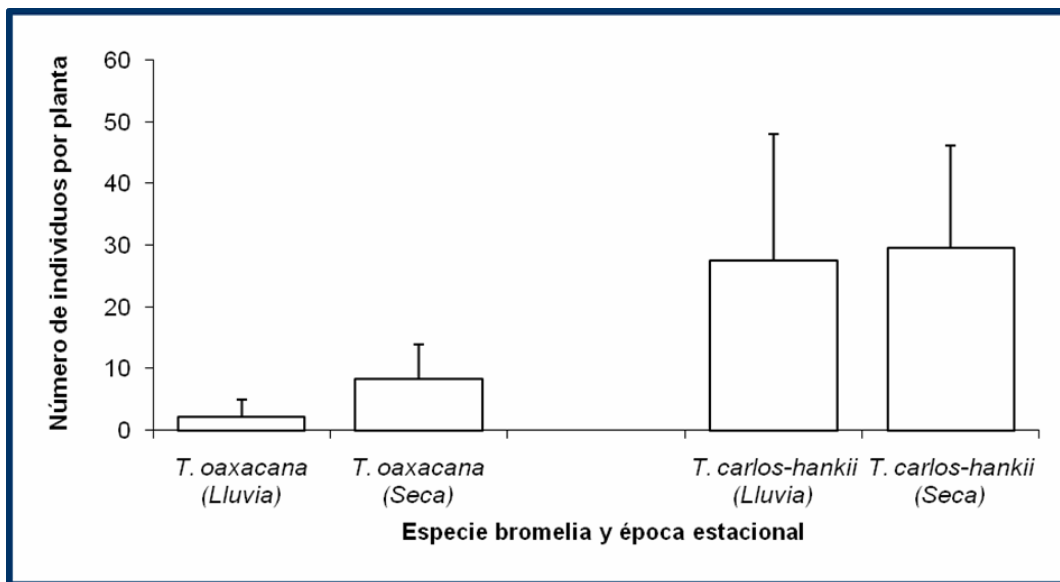


Figura 11. Abundancia promedio de macroartrópodos en las dos épocas de muestreo realizados para *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en Peña Prieta ( $\pm 1$  DVS).

### 5.2.2 Abundancia de macroartrópodos por orden

Los ordenes de mayor abundancia de macroartrópodos en los muestreos de las dos bromelias fueron Hemiptera (298 individuos), Araneae (267) y Coleoptera (235).

En *Tillandsia carlos-hankii* se encontró un total de 847 individuos de macroartrópodos, 551 de ellos en época de lluvia y 296 en época seca. Al igual que la riqueza de morfoespecies, la mayor abundancia de macroartrópodos en las dos épocas se presentó en los ordenes: Hemiptera (200 individuos en lluvia y 57 en secas), Araneae (146 y 62 individuos) y Coleoptera (100 y 103 individuos). En la época de lluvia los ordenes de menor abundancia fueron: Pseudoescorpionida y Thysanoptera con dos individuos cada uno, mientras que Scorpionida, Geophilomorpha, Julida y Myrocoryphia tuvieron un ejemplar cada uno. En tanto que en la época seca los de menor abundancia fueron: Lithobiomorpha y Dermaptera con dos individuos, Julida, Diptera y Thysanoptera con un individuo cada uno (Figura 12).

En *Tillandsia oaxacana* se registró un total de 214 macroartrópodos, 46 individuos durante la época de lluvia y 168 en la época seca. Para la época de lluvia los ordenes de mayor abundancia fueron Hemiptera y Lithobiomorpha con ocho individuos cada uno y Araneae con seis individuos, teniendo a los ordenes Julida con dos individuos, Psocoptera y Thysanoptera con un individuo, como los ordenes de menor presencia. Para la época seca el orden Araneae fue el de mayor abundancia con 53 individuos, le sigue el orden Hemiptera con 33 individuos y Coleoptera con 29 individuos. Para esta época los ordenes de menor abundancia fueron Dermaptera y Lepidoptera con tres individuos cada uno y Diptera con un sólo ejemplar (Figura 12).

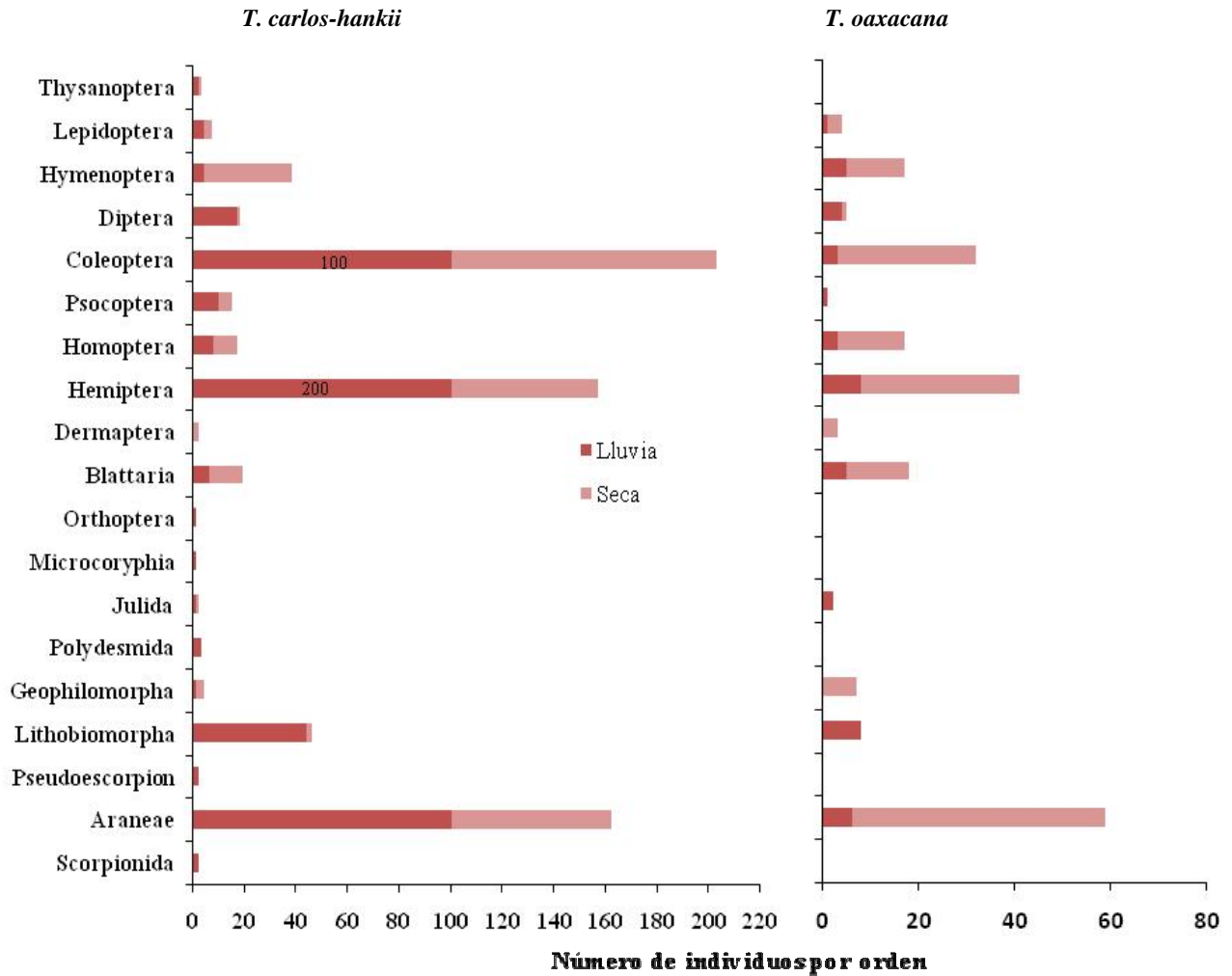


Figura 12. Abundancia de macroartrópodos por orden, registrados en *T. carlos-hankii* (N=30) y *T. oaxacana* (N=40 muestreo) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta

En la Figura 9 se observa al orden Araneae con una mayor abundancia durante la época de lluvia en *T. carlos-hankii*; sin embargo en *T. oaxacana* su mayor abundancia fue durante la época seca. Los ordenes Lithobiomorpha y Diptera presentaron una mayor presencia durante la época de lluvia en las dos especies de bromelia, a diferencia de estos, los ordenes Orthoptera, Homoptera e Hymenoptera presentaron una mayor abundancia durante la época seca en las dos especies.

### 5.2.3 Abundancia de macroartrópodos por familia

Las familias de mayor presencia de macroartrópodos fueron: Lygaeidae (253 individuos), Carabidae (106) y Salticidae (91).

Durante el muestreo de lluvia las familias de mayor abundancia en *T. carlos-hankii* fueron Lygaeidae (196 individuos), Carabidae (47) y Salticidae (44). En la época seca la familia Carabidae fue la más abundante (54 individuos), nuevamente se presenta Lygaeidae como una de las familias más numerosas con 34 individuos y Vespidae con 29 individuos. Tanto en la época de lluvia como de seca algunas de las familias estuvieron representadas por tres individuos (nueve familias en época seca), con dos individuos (16 familias en lluvia) o por sólo un individuo (17 familias en lluvia y cuatro en seca), (Figura 13).

Las familias de mayor abundancia en *T. oaxacana* durante la época de lluvia fueron: Lygaeidae con siete individuos, Hemicopidae con seis y Blattellidae con cinco. En cuanto a la época seca Anyphaenidae fue la más abundante con 24 individuos, Salticidae y Lygaeidae con 16 individuos cada uno.

Las familias de menor presencia durante la época de lluvia fueron, Clubionidae, Lithobiidae y Conotylidae en las que se registraron dos individuos, mientras que ocho familias más tuvieron un sólo individuo cada uno. Para la época seca fueron cuatro familias (Gnaphosidae, Philodromidae, Cercopidae y Gelechiidae) las que presentaron dos individuos cada uno y ocho más con un sólo individuo (Figura 13).



#### 5.2.4 Abundancia de macroartrópodos por género

Los géneros de mayor abundancia fueron: *Neortholomus* (219 individuos), *Platynus* (105), *Phloeopora* (53), *Polistes* (42) y *Anyphaena* (40 individuos).

En *T. carlos-hankii* se registró al género *Neortholomus* (Lygaeidae) como el de mayor abundancia con 169 individuos para la época de lluvia, a este le sigue *Platynus* (Carabidae) con 46 individuos y *Phloeopora* con 29, ambos de la familia Carabidae. Durante la época seca para el género *Platynus* se registraron 54 individuos siendo el más abundante, a este le sigue *Neortholomus* con 33 individuos y *Polistes* (Vespidae) con 29. Se registraron 18 géneros con dos individuos cada uno y 30 con un sólo individuo durante la época de lluvia, mientras que para la época de seca encontramos nueve géneros con dos individuos cada uno y 18 con un individuo (Figura 14).

El género *Neortholomus* y *Platynus* se presentan como los de mayor abundancia y su presencia fue registrada en las dos épocas de muestreo. Los géneros de mayor abundancia durante la época de lluvia fueron *Acroleucus* con 23 individuos y *Henicopus* con 20 individuos, mientras que en la época seca el género *Polistes* fue el de mayor abundancia con 29 individuos.

Durante la época de lluvia en *T. oaxacana* se registraron los géneros *Henicopus* (Henicopidae), *Eurycotis* (Blattellidae) y *Neortholomus* (Lygaeidae) como los de mayor abundancia con seis, cinco y cinco individuos respectivamente. En la época seca los géneros de mayor abundancia fueron: *Anyphaena* (Anyphaenidae) con 24 individuos, *Eurycotis* (Blattellidae) con 13, *Neortholomus* (Lygaeidae) y *Polistes* (Vespidae) con 12 individuos cada uno (Figura 15).

Se registraron siete géneros con dos individuos cada uno y 14 con un sólo individuo durante la época de lluvia, mientras que para la época de seca encontramos cinco géneros con dos individuos cada uno y 19 con sólo un individuo cada uno.

El género *Henicopus* fue el de mayor abundancia (seis individuos) durante la época de lluvia, mientras que el género *Anyphaena* fue el de mayor abundancia durante la época seca (24 individuos).

#### 5.2.5 Abundancia de macroartrópodos por morfoespecie

Las morfoespecies de mayor abundancia fueron: *Neortholomus cpcp* con 219, *Ploeopora ca* con 53 individuos, *Platynus acuminatus* con 51 individuos y *Polistes atcc-ran* con 42 individuos.

En *T. carlos-hankii* encontramos durante la época de lluvia a *Neortholomus cpcp* (Lygaeidae) como la morfoespecie de mayor abundancia con 169 individuos (Figura 15), le siguen *Platynus lifragis* (Carabidae) con 41 individuos y *Ploeopora ca* (Staphylinidae) con 29 individuos. Durante la época seca se encontró a *Platynus acuminatus* como el más abundante con 44 individuos, nuevamente se registra a *Neortholomus cpcp* (Lygaeidae) con 33 morfoespecies y *Polistes atcc-ran* (Vespidae) con 29 individuos (Figura 16). También se registraron morfoespecies con una abundancia mínima de un individuo, en época de lluvia fueron 30 morfoespecies mientras que para la época seca fueron 19 (Ver descripción de las morfoespecies en el Anexo 1).

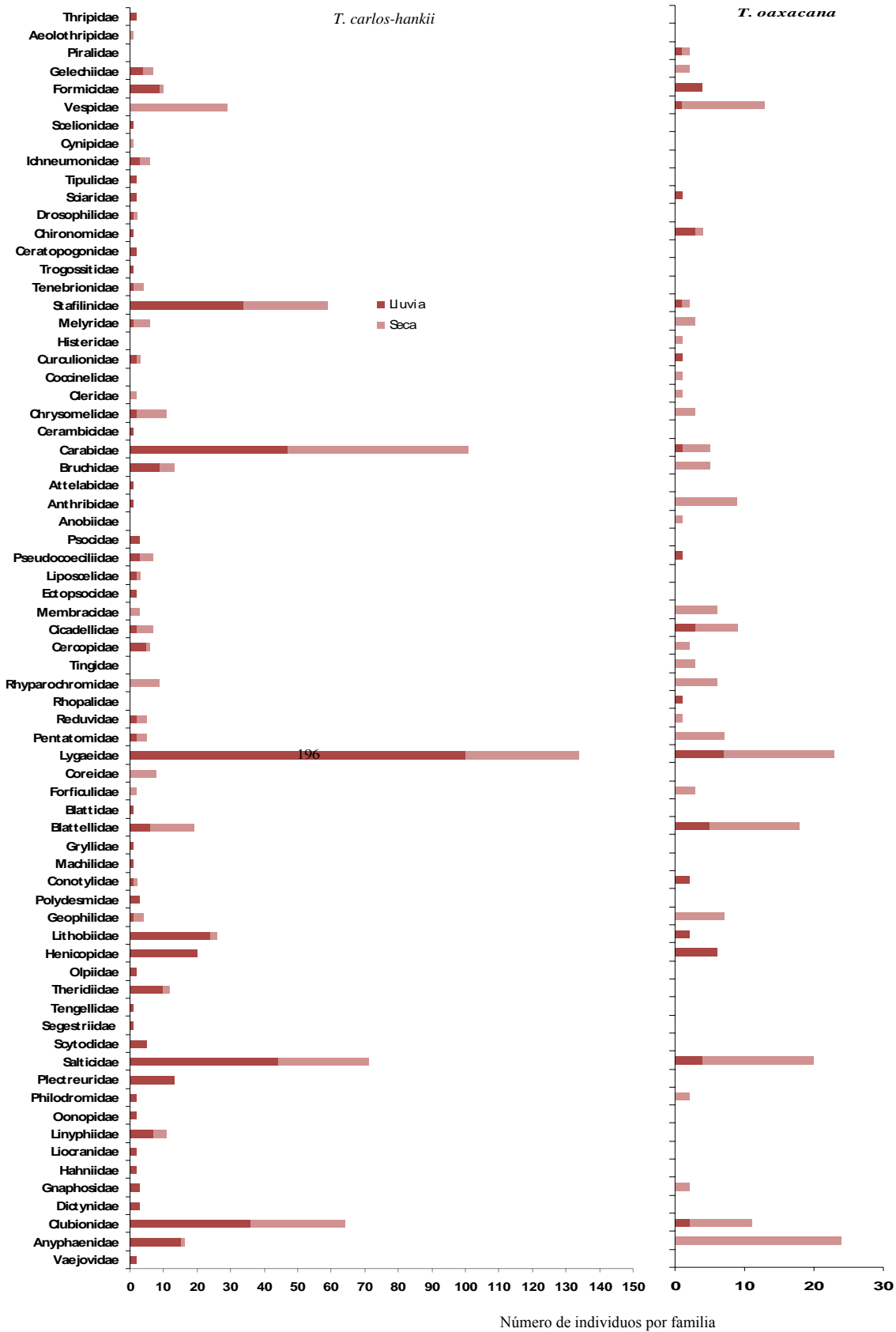


Figura 13. Abundancia de macroartrópodos por familia, registrados en *T. carlos-hankii* (N=30) y *T. oaxacana* (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.

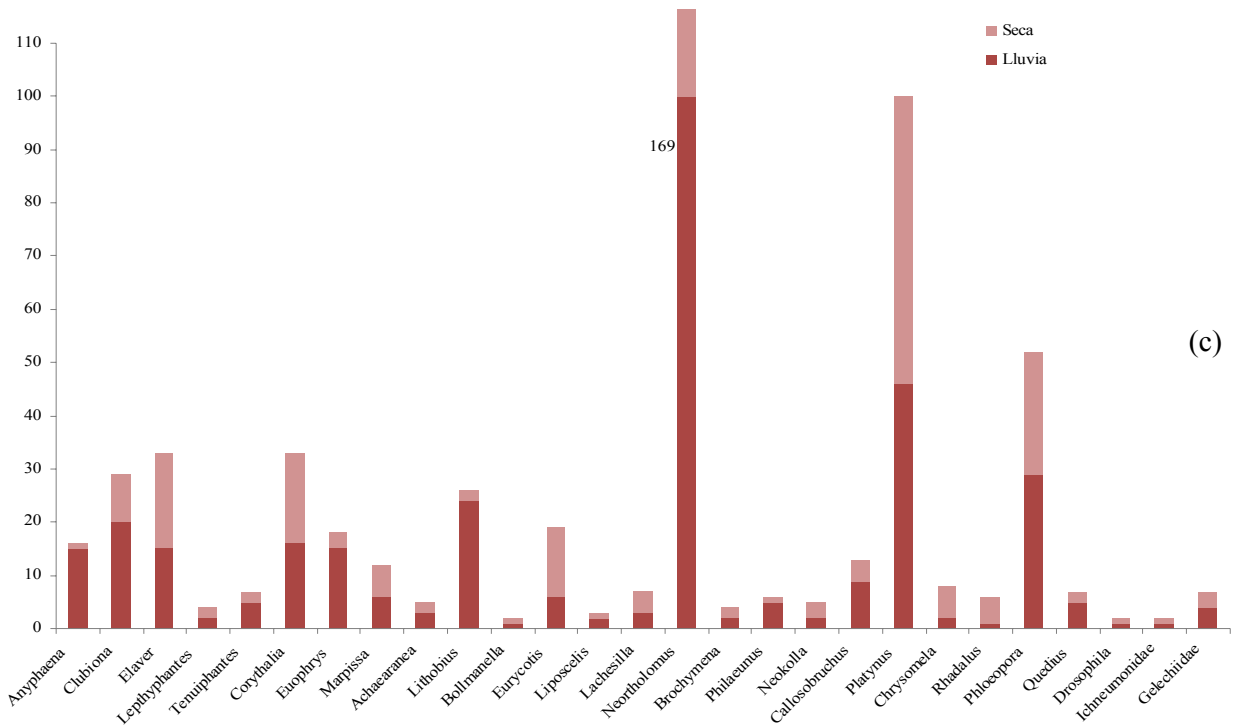
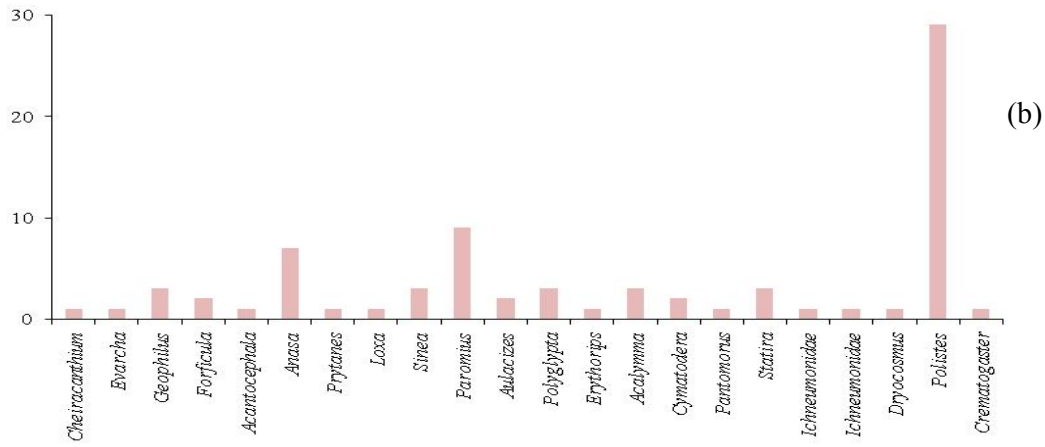
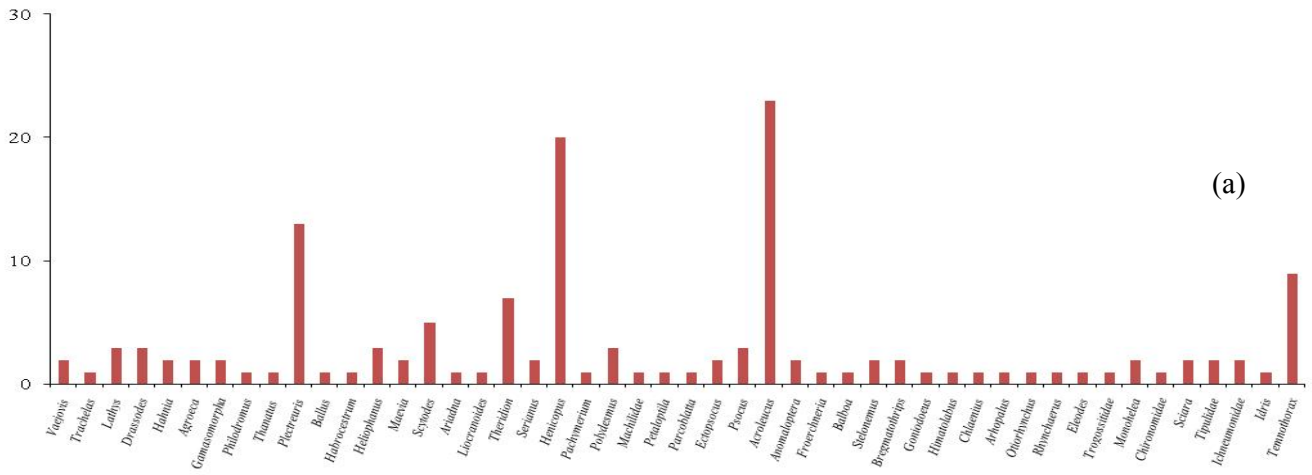


Figura 14. Abundancia de macroartrópodos por género, registrados en *T. carlos-hankii* (N=30) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.

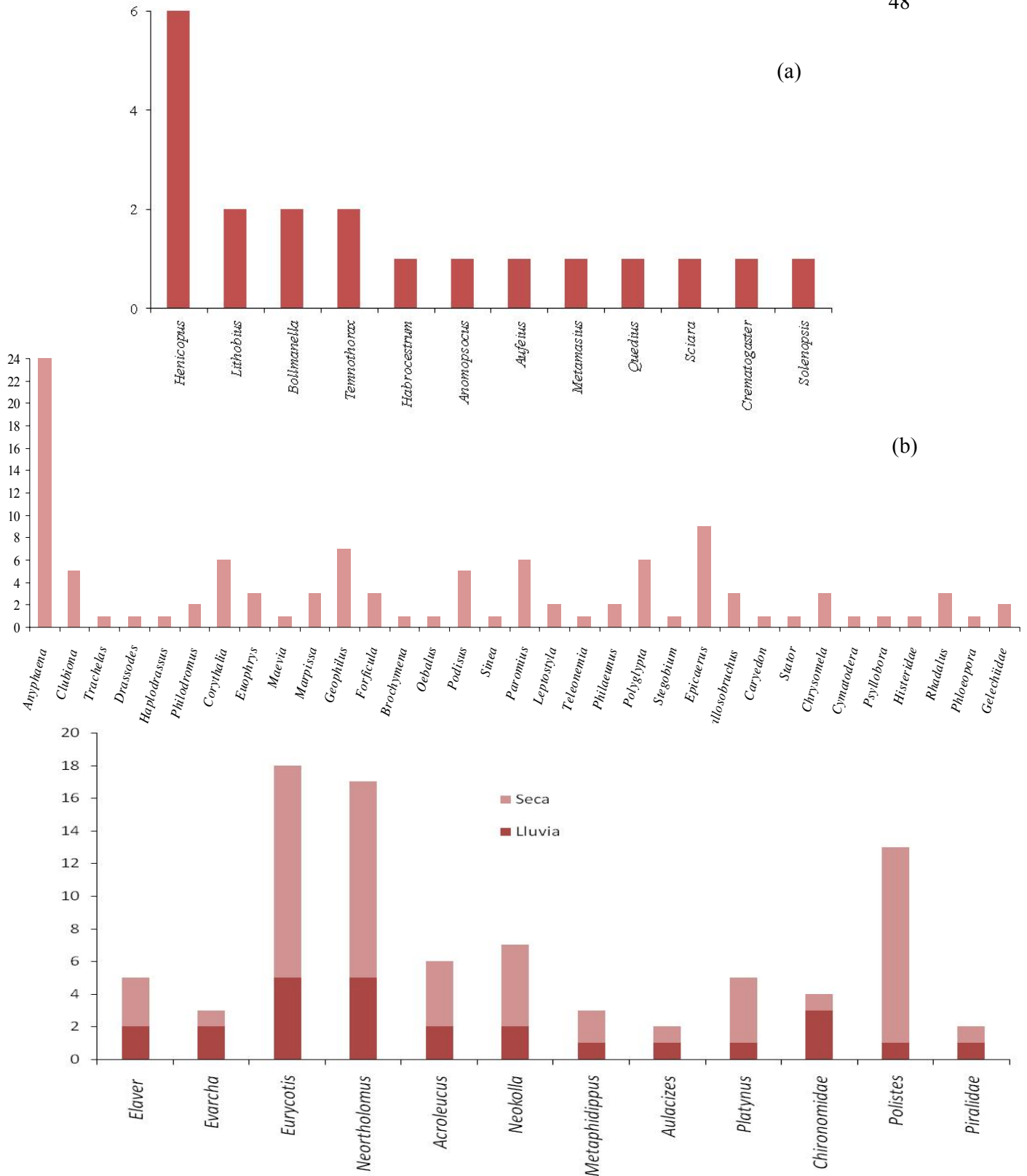


Figura 15. Abundancia de macroartrópodos por género, registrados en *T. oxacana* (N=40) durante las dos épocas de muestreo en la localidad de Peña Prieta.

En *T. oaxacana* durante la época lluviosa se registró a la morfoespecie *Henicopus* upo (Henicopidae) con seis individuos como la de mayor abundancia (Figura 16), le siguen *Euricotys* nac (Blattellidae) y *Neortholomus* cpcp (Lygaeidae) con cinco individuos cada uno. Para la época seca encontramos a *Anyphaena* ag (Anyphaenidae) con 15 individuos como el más abundante, le siguen *Euricotys* nac (Blattellidae) con 13 individuos y finalmente las morfoespecies *Neortholomus* cpcp (Lygaeidae) y *Polystes* atcc-ran. (Vespidae) con 12 individuos cada una (Figura 17).

En *T. oaxacana* también se registraron morfoespecies con abundancia de un sólo individuo: 13 morfoespecies para la época de lluvia y 23 morfoespecies en la época seca.

Se registraron 45 morfoespecies únicas con un solo individuo: en *T. carlos-hankii* fueron 20 durante la época de lluvia y para secas 10 y en *T. oaxacana* fueron cinco en época de lluvia y 10 en época seca.

La abundancia promedio por planta varía de especie a especie y además entre épocas de muestreo, en el caso de *T. oaxacana* presentó menor abundancia en la época de lluvia (49 individuos) que en la época seca (168 individuos), en tanto que para *T. carlos-hankii* la menor abundancia fue durante la época seca (296 individuos) y la mayor en la época de lluvia (550 individuos).

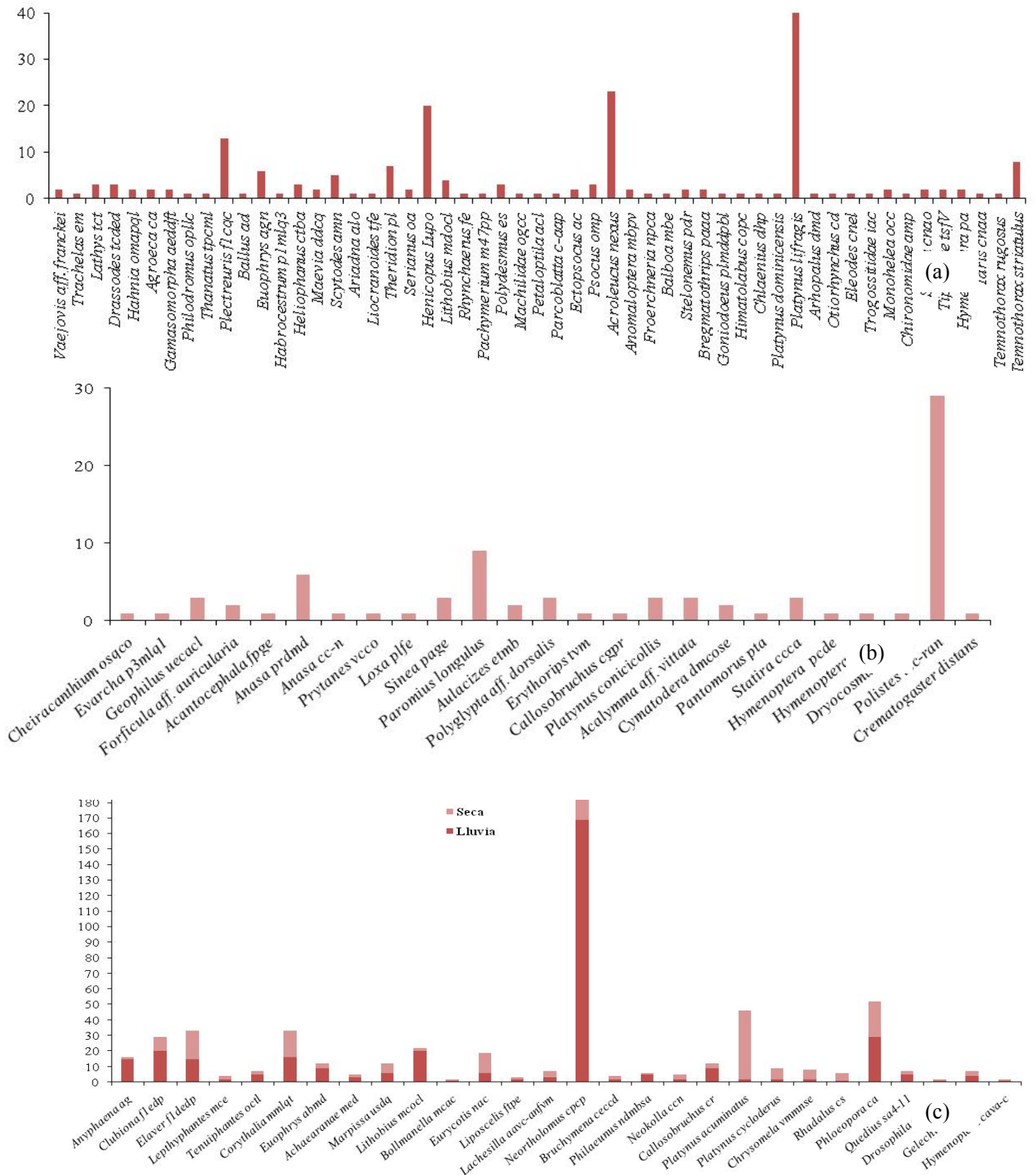


Figura 16. Abundancia de las morfoespecies en las dos épocas de muestreo realizadas para *T. carlos-hankii* en Peña Prieta.

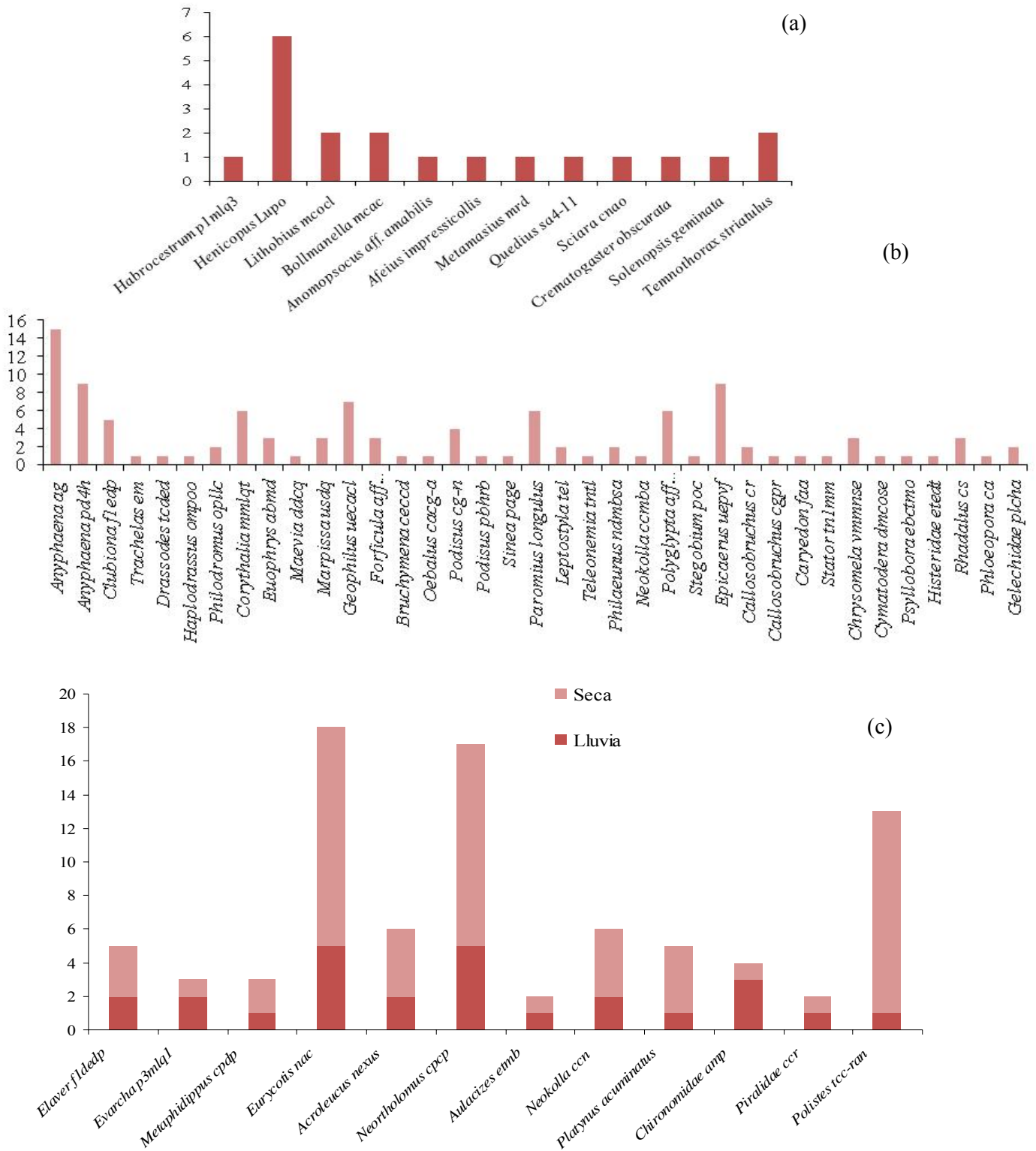


Figura 17. Abundancia de los morfoespecies en las dos épocas de muestreo realizados para *T. oaxacana* en Peña Prieta.



La abundancia de individuos por época en cada una de las especies de bromelia varía, teniendo que el promedio de morfoespecies por planta es mayor durante la época seca en ambas especies (Cuadro 3). En *T. carlos-hankii* se encontró una abundancia mínima de tres individuos con un máximo de 72 por planta durante la época de lluvia, en tanto que para la época seca se registró un mínimo de ocho y un máximo de 60 morfoespecies por bromelia (Cuadro 3). En el caso de *T. oaxacana* se registró un mínimo de una morfoespecie y un máximo de diez en la época de lluvia, para la época seca encontramos también un mínimo de un individuo con un máximo de 22.

Cuadro 3. Abundancia de macroartrópodos con máximos, mínimos, desviación estándar y promedio para las dos especies de bromelias muestreadas en Peña Prieta, Ixtepeji. Datos de 20 bromelias en cada época, excepto para *T. carlos-hankii* en la época seca (10 brom.).

Bromelia	Época	Abundancia	Promedio por planta	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>T. carlos-hankii</i>	Lluvia	551 n=20*	27.5	20.544	3	72
	Seca	296 n=10	29.6	16.615	8	60
<i>T. oaxacana</i>	Lluvia	46 n=20	2.3	2.598	1	10
	Seca	168 n=20	8.4	5.433	1	22

\* Tamaño de muestra

### 5.3 Diversidad de Macroartrópodos

No hubo diferencias significativas entre los dos muestreos de época de lluvia para *T. carlos-hankii* en la diversidad de macroartrópodos ( $F=0.082$  y  $P=0.778$ ), lo mismo sucedió con *T. oaxacana* ( $F=0.0259$  y  $P=0.874$ ). Para los muestreos de seca 2006 y 2007, se encontró que en *T. oaxacana* no hay diferencias estadísticas entre los muestreos de esa época, para la diversidad de macroartrópodos ( $F=0.687$  y  $P=0.418$ ).

El análisis entre especies de bromelias y entre épocas se realizó con la prueba de t de student.

Dado que no hubo diferencias significativas entre especie de bromelia por época de muestreo en el índice de diversidad de macroartrópodos ( $F=1.27$ ; y  $P=0.265$ ) se procedió a analizar la diversidad de macroartrópodos entre especies de bromelias y por época de muestreo.

Se tiene que para *T. carlos-hankii* el índice de Shannon fue mayor durante la época seca ( $H=1.40$ ) lo mismo que para *T. oaxacana* ( $H=1.51$ ), siendo más bajos los índices durante la época de lluvia: *T. carlos-hankii* con  $H=1.38$  y *T. oaxacana* con  $H= 1.29$ . Al comparar estadísticamente el índice de Shannon-Weiner entre épocas y especies de bromelia, se observó que existen diferencias estadísticas para ambas comparaciones (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores obtenidos del índice de diversidad de Shannon y de la prueba de t de Hutchenson, para el índice de Diversidad de Shannon-Weiner de *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en Peña Prieta.

	T. carlos-hankii Lluvia $H=1.38$	T. oaxacana Seca $H=1.51$
T. oaxacana Lluvia $H=1.29$	7.17*	3.02*
T. carlos-hankii Seca $H=1.40$	2.33*	4.33*

\*Diferencia significativa al  $\alpha=0,05$

#### 5.4 Correlación

Cuando se realizó el análisis de correlación entre la riqueza, abundancia y diversidad en *T. carlos-hankii*; se obtuvo una correlación positiva significativa entre la abundancia de macroartrópodos y la altura total de planta y el número de hojas:  $r = 0.396$  y  $0.531$ , respectivamente. También se obtuvieron correlaciones positivas significativas entre la riqueza de macroartrópodos y el número de hojas ( $r = 0.664$ ), así como entre la diversidad de macroartrópodos y el número de hojas ( $r = 0.478$ ), Cuadro 5.

Cuadro 5. Valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos entre las características de *T. carlos-hankii* y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos.

r (N)	Altura Total (cm)	Altura de hoja (cm)	Número de hojas	Número de cavidades	Peso seco (gr)
Abundancia	0.32 (n=30)	0.40* (n=30)	0.53* (n=20)	0.32 (n=20)	0.09 (n=30)
Riqueza	0.16 (n=30)	0.29 (n=30)	0.66** (n=20)	0.44 (n=20)	0.01 (n=30)
Diversidad	-0.03 (n=30)	0.19 (n=30)	0.48* (n=20)	0.40 (n=20)	-0.090 (n=30)
Promedio	70.60	56.44	28.87	42.60	267.49
Desviación estándar	12.62	9.95	22.83	32.1	93.51

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01.

\* La correlación es significativa al nivel 0.05.

En el caso de *T. oaxacana*, no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre las características morfológicas de la planta y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos entre las características de *T. oaxacana* y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos.

	Altura Total (cm)	Altura de hoja (cm)	Número de hojas	Número de cavidades	Peso seco (gr)
Abundancia	-0.08 (n=40)	0.23 (n=40)	0.17 (n=30)	0.22 (n=40)	0.17 (n=40)
Riqueza	-0.17 (n=40)	0.19 (n=40)	0.17 (n=30)	0.19 (n=40)	0.16 (n=40)
Diversidad	-0.06 (n=40)	0.04 (n=40)	0.22 (n=30)	0.20 (n=40)	.16 (n=40)
Promedio	23.53	22.84	28.16	41.02	24.68
Desviación estándar	3.89	3.81	18.44	10.29	11.01

\* Todos los coeficientes de correlación, no fueron significativos al 0.05.

También se analizó si existe relación entre el tamaño de la bromelia y la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos, independientemente de la especie: se encontró que existe una relación significativa de la riqueza ( $r=0.498^{**}$ ), abundancia ( $r=0.450^{**}$ ) y diversidad ( $r=0.511^{**}$ ) de macroartrópodos con el tamaño de la planta.

## VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se abordó la diversidad los artrópodos hospedados en las bromelias *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*, con base en la riqueza, abundancia y diversidad de morfoespecies y su posible relación con las estructuras morfológicas de las bromelias.

Debido a la dificultad para determinar los macroartrópodos a nivel de especie, éstos fueron determinados a nivel de morfoespecies (92%) y sólo en algunos fue posible determinar la especie (18%). El problema de determinación de ejemplares a nivel de especie también se ha presentado en otros trabajos y aunque el uso de morfoespecies ha sido empleado de manera común, ciertos autores optan por presentar sus trabajos sólo a nivel de orden (Iriart *et al.*, 2002), familia (Murillo *et al.*, 1983; Mestre *et al.*, 2001) o género (Yanoviak, 2001; Stuntz *et al.*, 2002). En los casos de Cotgreave *et al.* (1993), Armbruster *et al.* (2002) y Yanoviak *et al.* (2004) emplearon la nomenclatura de morfoespecies al igual que en el presente trabajo.

A pesar del aumento en el conocimiento de los invertebrados, muchas especies aun no han sido descritas. En este trabajo, debido a la gran diversidad de los artrópodos encontrados, se clasificaron los individuos a nivel de orden, familia, género y en pocos casos a nivel de especies, y en los que no hubo una identificación precisa se recurrió a usar el término de morfoespecie. Es cierto que existen problemas con el uso de morfoespecies como unidad de clasificación, ya que algunas especies pueden tener una amplia variedad de formas, tamaño o colores y consecuentemente pueden ser clasificados como diferentes morfoespecies (Derraik *et al.*, 2002) y en el caso contrario,

clasificar a diferentes especies como la misma morfoespecie, sin embargo, esta es la mejor opción para poder trabajar en el nivel más específico con el grupo de los artrópodos. En este trabajo las morfoespecies fueron determinadas con el apoyo de los especialistas, por lo que, existen bajas posibilidades de tener una sobre o subestimación de las morfoespecies.

### **Riqueza de Macroartrópodos.**

Los organismos analizados en el presente trabajo fueron macroartrópodos adultos, registrando 127 morfoespecies de macroartrópodos en 70 plantas de *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*, ésto es mayor a lo registrado por Mestre *et al.* (2001) quienes registran 23 taxa en 36 bromelias de *Vriesea inflata* (terrestres y epífitas), pero mínimo comparado con Cotgreave *et al.* (1993) quienes registraron 491 morfoespecies de invertebrados y tres especies de vertebrados en 73 bromelias terrestres y epífitas de cinco especies de bromelia: *Aechmea nudicaulis*, *A. pectinata*, *Quenelia arvensis*, *Noeregelia lavéis* y *Vriesea rodigasiana*, así como Armbruster *et al.* (2002) quienes registran 354 morfoespecies de 209 bromelias morfológicamente similares de tres géneros (*Guzmania* sp., *Strptocalyx* sp., y *Tillandsia* sp.). En el caso de Stuntz (2001) registra 29 ordenes de artrópodos colectados en tres especies epífitas (*Dimerandra emarginata*, *Vriesea sanguinolenta* y *Tillandsia fasciculata*) colectadas de 25 árboles.

La diferencia de riqueza entre el presente trabajo y el de los autores mencionados, se debe, entre otros factores a: a) las diferentes especies de bromelias estudiadas y número de individuos por especie, pues algunos autores trabajan con una especie, mientras que otros trabajaron hasta con cinco especies; debido a que cada especie tiene diferente tamaño y estructura lo que influye en la riqueza de los artrópodos dentro de ellas. Al

diferir el número de plantas colectadas (esfuerzo de colecta) o muestreos también diferirá el número de especies que se puedan registrar ya que conforme se aumente, probablemente se aumentará el número de artrópodos colectados (ver curvas de acumulación), habiendo una mayor posibilidad de encontrar más especies y b) el tipo de vegetación en el que se desarrolló el trabajo debido a que probablemente esta asociado con la riqueza de los macroartrópodos.

Los ordenes de mayor riqueza fueron Hemiptera, Araneae y Coleoptera, lo que concuerda con otros autores como Murillo (1983), Cotgreave *et al.* (1993), Mestre *et al.* (2001) y Rojas y Casanova (2002). La alta riqueza del orden Coleoptera se debe a que es el orden más grande de los insectos ya que contienen cerca del 40% de las especies conocidas de la clase Hexapoda (Speight *et al.*, 1999; Triplehorn y Jonhson, 2005). El orden Araneae es un grupo grande, de amplia distribución, se presentan en diferentes hábitats y a menudo son muy abundantes, este grupo esta constituido en su mayoría por depredadores, los cuales al encontrar abundancia de presas albergadas en la roseta de las bromelias, se refugian en ellas teniendo su alimento asegurado (Triplehorn y Jonhson, 2005). El orden Hemiptera incluye a los invertebrados conocidos como insectos verdaderos, los hemípteros son un grupo de insectos de amplia distribución (fitófagos, depredadores y hematófagos), y parece lógico su alto número dentro de las bromelias, por ser hospederos de otros macroinvertebrados que sirven de alimento a los primeros.

La familia Salticidae, fue la de mayor riqueza de macroartrópodos. En la naturaleza esta es una de las familias de mayor riqueza dentro del orden Araneae como lo han reportado Schuh y Slater (1995), en este trabajo también se reflejó su alta representatividad dentro de las bromelias.

El género *Platynus* (Carabidae) fue el de mayor riqueza, posiblemente se debe a la variedad en su dieta alimenticia, que va desde detritos hasta pequeños invertebrados, ambos tipos de alimentos los pueden encontrar dentro de las bromelias tipo tanque como lo son *T. carlo-hankii* y *T. oaxacana*.

A nivel de orden, los taxa aquí encontrados ya habían sido registrados en otras bromelias (Murillo *et al.*, 1983; Cotgreave *et al.*, 1993; Mestre *et al.*, 2001; Stuntz, 2001 y Armbruster *et al.*, 2002). Específicamente los ordenes Scorpionida y Pseudoescorpionida registrados en *T. oaxacana* y *T. carlos-hankii* no fueron registrados por Cotgreave *et al.* (1993), Mestre *et al.*, (2001) y Wittman (2000), posiblemente se debe a que son organismos territoriales, es por ello que sólo se presentó un individuo adulto del orden Scorpionida y dos del orden Pseudoescorpionida en un sólo muestreo.

En el orden Araneae las familias: Anyphaenidae, Gnaphosidae, Hannidae, Linyphiidae, Salticidae, Scytodidae y Therididae ya habían sido registradas en las bromelias por Mestre *et al.* (2001), Quevedo y Vasconcellos-Neto (2005), Stuntz *et al.* (2002). En Coleoptera; las familias Curculionidae, Carabidae, Staphylinidae y Tenebrionidae fueron reportadas por Mestre *et al.* (2001) y la familia Formicidae del orden Hymenoptera (Mestre *et al.*, 2001; Stuntz *et al.*, 2002); dentro del orden Diptera: Ceratopogonidae, Culicidae, Chironomidae y Syrphidae han sido registrados por Richardson (1999), Richardson *et al.*,(2000) y Mestre *et al.*,(2001) sin embargo, estos autores en su mayoría registraron organismos en estado larval y aquí solo se registraron individuos en estado adulto.



Los géneros compartidos, que también fueron reportados en otros trabajos son principalmente de la familia Formicidae: *Crematogaster* y *Solenopsis* (Stuntz 2001, Stuntz *et al.*, 2002) y el género *Platynus* de la familia Carabidae (Montes de Oca *et al.*, 2007). De los ejemplares determinados a nivel de especie, ninguno sido registrado en otro trabajo, ya que como se ha mencionado generalmente no se llega a la determinación taxonómica a especie para poder comparar; sin embargo, los ejemplares de la familia Carabidae que fueron determinado a nivel de especie (*Platynus acuminatus*, *P. dominicensis*, *P. conicicollis*, *P. lifragis* y *P. cycloderus*), no fueron registrados en el trabajo de Montes de Oca *et al.*, (2007) a pesar de que analizaron a la familia Carabidae dentro de bromelias en un bosque de niebla del estado de Veracruz.

#### **Abundancia de macroartrópodos.**

La abundancia total registrada en este trabajo fue de 1061 individuos, bajo comparado con los trabajos de Mestre *et al.* (2001), Armbruster *et al.* (2002) y Stuntz (2001). El bajo número de individuos registrado en este trabajo, se debe a que se excluyeron los estadios larvarios y juveniles, así como los ácaros y colémbolos, los cuales al ser incluidos suman un total de 1,752 individuos, es decir que el número de individuos dentro de las bromelias es alta al menos comparada con Mestre *et al.* (2001), sin embargo, sigue siendo bajo comparado con los otros trabajos mencionados, lo que puede estar influido por el tipo de vegetación ya que Mestre *et al.* (2001) registraron un total de 1,639 individuos en un bosque Atlántico, incluyendo larvas, platelmintos, nematodos y anélidos; Armbruster *et al.*, (2002) registran 11,219 individuos incluyendo larvas y pupas en un bosque tropical lluvioso amazónico y Stuntz (2001) colectó 273,490 individuos en un bosque tropical húmedo, incluyendo larvas.

En cuanto a la abundancia de macroartrópodos por orden: Hemiptera, Araneae y Coleoptera fueron los de mayor presencia, estos grupos también se han registrado en otros trabajos como los de mayor abundancia (Murillo *et al.*, 1983; Rojas y Casanova, 2002; Ospina-Bautista *et al.*, 2004; Mestre *et al.*, 2001; Wittman, 2000; Oliveira *et al.*, 1994; Stuntz *et al.*, 2002). Sin embargo, ellos registran al menos uno o dos de estos ordenes como los de mayor abundancia pero no a los tres en conjunto.

El orden Hemiptera fue el mejor representado en los muestreos, pero esta abundancia se debe principalmente a la presencia de la morfoespecie *Neortholomus cpcp* (Lygaeidae). Este género, al igual que los demás integrantes de su familia, se alimenta de semillas y su presencia es siempre abundante, aunque no se sabe mucho sobre su biología (com. Pers. Cervantes 2007). Dentro del orden Araneae, los organismos son depredadores generalistas de otros artrópodos, pero también son oportunistas, en general, las arañas no tienen un alto grado de especialización en cuanto a la población herbívora de artrópodos que depredan ni en la selección del hábitat (Aguilera *et al.*, 2006), esto sucede también con los integrantes del orden Coleoptera, algunos coleópteros son depredadores, puesto que cazan y comen presas vivas (Montes de Oca *et al.*, 2007); aunque algunas especies se alimentan de materia orgánica muerta, otros comen frutos o semillas, algunas más son ectoparásitos de pupas de otros coleópteros. Por todo ello, se puede encontrar alta abundancia de estos grupos dentro de las bromelias.

Algunos autores como Wittman (2000), Mestre *et al.* (2001) y Stuntz *et al.* (2002) registraron dentro del orden Hymenoptera a la familia Formicidae como el taxón más

dominante, por el contrario Stuntz *et al.* (2002) la excluyen de los análisis debido a que la mayoría de estos probablemente son de alimentación oportunista y también a que al momento de comparar el número de individuos con insectos sociales representa un problema debido a la incidencia de su grupo (por ejemplo 123 individuos en una bromelia). En este trabajo, las hormigas si fueron tomadas en cuenta en los análisis aunque su número no es tan representativo, lo que puede definir las como especies turistas en ambas especies analizadas.

Wittman (2000) y Mestre *et al.* (2001) registran al orden Diptera como uno de los ordenes de mayor abundancia, en tanto que Armbruster *et al.* (2002), Ospino-Bautista (2004) y Sánchez-N y Amat-García (2005) han registrado a este orden como uno de los mayor riqueza. Contrariamente, en el presente estudio el orden Diptera fue uno de los de menor riqueza y abundancia. Esta diferencia se debe a que la presencia de agua es un factor importante para el orden Díptera ya que muchas especies se encuentran limitadas a microambientes húmedos o requieren de cuerpos de agua como charcos, lagunas, lagos y cualquier fuente de agua para su etapa larvaria (Ibáñez, 1999). Tomando en cuenta este factor se pueden explicar los resultados aquí presentados; los trabajos al principio de este párrafo, fueron realizados en bosques húmedos y/o lluviosos en lo cuales la lluvia se distribuye de tal forma que los fitotelmatos retienen agua durante todo el año, incluso en el período más seco que es entre marzo y abril (Machado-Allison *et al.*, 1986), a diferencia del bosque de encino pino periodo en el cual se llevo acabo el presente trabajo donde la precipitación pluvial o disponibilidad de humedad constante sólo es exclusivamente durante la época de lluvias, en tanto que durante la época seca es restringida la humedad.

En general, tanto la riqueza como la abundancia de macroartrópodos dentro de las bromelias en este trabajo es bajo con relación a lo reportado por otros autores. Sin embargo, debe considerarse que no es el mismo tipo de vegetación y tampoco regiones biogeográficas semejantes; entonces los resultados obtenidos serán distintos. Las investigaciones referidas, se realizaron en bosque tropicales o de montaña, en los que existe una mayor productividad (5-14 t ha<sup>-1</sup>año) con alta producción de materia orgánica que se remueve más rápidamente, y en ciertos casos la temperatura es cálida durante todo el año (Murphy y Lugo, 1986). En nuestro caso fue un bosque templado con menor productividad (1-5 t ha<sup>-1</sup>año) donde los árboles mantienen más tiempo sus hojas y su ciclo de renovación es más lento siendo entonces menos productivos. Por tanto, al haber menor productividad en el bosque templado, habrá menos nutrientes dentro de la bromelia los que son proporcionados principalmente por la hojarasca y aprovechados por los macroartrópodos presentes en su tanque (Richardson 1999).

**Diferencias entre especies y épocas.** La riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos fue distinta biológicamente entre las dos especies de bromelia. La riqueza y abundancia total fueron más altas en *T. carlos-hankii* que en *T. oaxacana*.

En *T. carlos-hankii* la riqueza y abundancia fueron mayores en la época de lluvia, que en la época seca. Por el contrario, el índice de diversidad fue mayor en la época seca. En *T. oaxacana*, la mayor riqueza y abundancia se obtuvieron en la época seca, lo que coincide con el trabajo de Murillo *et al.* (1983) y Liria (2007) quienes encontraron que la abundancia y riqueza fue también mayor en el período de sequía.

Se determinó una diferencia significativa, donde la mayor riqueza y abundancia fueron en la época seca, estos resultados coinciden con Murillo *et al.* (1983), Mestre *et al.* (2001) y Liria (2007) quienes registran una mayor riqueza y abundancia durante el muestreo de secas. Estos resultados demuestran una variación estacional en el número de individuos y en la riqueza de artrópodos en las dos especies de bromelia, ya que las poblaciones de macroartrópodos recurren a estas plantas como refugios y también para obtener alimento.

A nivel orden, en *T. carlos-hankii* se registraron ordenes no presentes en *T. oaxacana*, entre ellos se encuentra el orden Orthoptera (*Forfifula* aff. *auricularia*) que se alimenta principalmente de materia orgánica en descomposición; los demás ordenes únicos para *T. carlos-hankii* habitan en general, entre piedras (Pseudoscorpionida), debajo de hojas caídas, se les encuentra escondiéndose bajo corteza (Microcoryphia), son de ambientes húmedos (Polydesmida) o buscan sitio que le ofrezcan protección (Scorpionida). Estos requerimientos, son ofrecidos por las dos especies de bromelia, sin embargo *T. carlos-hankii* presenta un tanque de mayor profundidad y con mayor cantidad de materia orgánica que en *T. oaxacana*, es posible que por esas características, algunos organismos como *Forfifula* aff. *auricularia* y *Vaejovis* aff. *franckei* prefieren a *T. carlos-hankii*; en el caso de *Vaejovis* aff. *franckei* encuentra una mayor protección dentro de *T. carlos-hankii* debido a que el tanque es más profundo, que en *T. oaxacana* donde existe una mayor exposición al exterior debido a su pequeño tanque.

Se encontró que solo hubo 41 morfoespecies de macroartrópodos en común, lo que indica cierta distribución homogénea de los macroartrópodos independientemente de la especie de bromelia, esto tal vez se deba a que ambas fueron colectadas en el mismo sitio,

Peña Prieta. Sin embargo, 74 morfoespecies fueron exclusivas: 55 morfoespecies únicas en *T. carlos-hankii* y 19 en *T. oaxacana*. Es evidente que la riqueza de morfoespecies y proporción de especies únicas es más alta en *T. carlos-hankii* que en *T. oaxacana*. Como es bien sabido, la información acerca de los hábitos, ecología o comportamiento de los artrópodos es escasa, por lo que solo se puede suponer que *T. carlos-hankii* al tener la capacidad de conservar mayor humedad y cierta cantidad de agua durante la época seca, a diferencia de *T. oaxacana* en el que hay humedad pero no hay presencia de agua durante la época seca, se pueden encontrar diferencias en la composición de organismos, esto de acuerdo con Stuntz *et al.*, (2002) quienes mencionan que diferentes especies epífitas acogen grupos de artrópodos diferentes taxonómica y ecológicamente. Es posible que los artrópodos sean específicos en sus requerimientos ecológicos, los cuales pueden encontrar en determinada especie de bromelia.

Dentro del orden Hemiptera se registró a la morfoespecie *Neortholomus* cpcp (cuerpo con pubescencia corta y pálida) de la familia Lygaeidae como el de mayor presencia. Esta morfoespecie presentó mayor abundancia en la época de lluvia posiblemente debido a que sus plantas hospederas pertenecientes a la familia Compositae, producen su follaje durante la época de lluvia, es por ello que se refugian en las bromelias hasta el final de la época lluviosa y principios de la época seca (com. pers. Cervantes, 2008) que será cuando las compuestas presenten sus inflorescencias (cabezuelas) de manera conspicua y serán ocupadas nuevamente por la mayoría de estos organismos.

La morfoespecie *Polistes* Hy. Atc-arn (Vespidae) del orden Hymenoptera, fue otro grupo de organismos que presentó diferencias en cuanto a su presencia entre épocas y se refiere a una avispa de vida social que presenta una alta tasa de reproducción, que se

presentó con mayor abundancia durante la época seca y en esa estación es cuando tienen mayor actividad (Speight *et al.*, 1999), siendo un depredador de artrópodos y habiendo una mayor cantidad de artrópodos dentro de la bromelia tienen mayor probabilidad de atacar insectos y arañas.

### **Índice de diversidad de Shannon.**

El índice de diversidad fue mayor durante la época seca en las dos especies de bromelias; un patrón similar observó Liria (2007) ya que encontró un índice de diversidad similar entre las dos especies de bromelias que él analizó. *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* son similares estructuralmente, por tanto la posibilidad de tener un índice de diversidad alto en época seca en las dos especies, es altamente probable ya que los macroartrópodos tienen la posibilidad de encontrar similares condiciones microclimáticas y alimentación dentro de ellas.

Existen diferencias significativas en el índice de diversidad entre especies, esto se debe a la predominancia de la morfoespecie *Neortholomus cpcp* en *T. carlos-hankii*, en tanto que en *T. oaxacana* existe una mayor homogeneidad en la riqueza y abundancia de los macroartrópodos.

### **Curvas de acumulación de morfoespecies.**

En ninguno de los muestreos se llegó a la asíntota, aunque la riqueza de morfoespecies observada no es baja con relación a la esperada de acuerdo a los modelos empleados de Clench y Dependencia Lineal.

Sin embargo, alcanzar la asíntota no es fácil sobre todo para taxas tan diversos como el de los artrópodos. Los resultados obtenidos son sustentados en trabajos anteriores en los cuales tampoco se ha alcanzado la asíntota como el trabajo de Armbruster *et al.*, (2002), lo mismo sucede con los resultados de Gutiérrez-Chacón y Ulloa-Chacón (2006) quienes alcanzan el 65% de las especies esperadas. Sólo el trabajo de Richardson (1999) alcanzan altos valores de 80-90%, mientras que García y Chacón (2005) quienes trabajaron sólo con la familia Staphylinidae lograron alcanzar entre el 83% y 90% de las especies esperadas. Por otra parte, al incrementar el esfuerzo de colecta sería posible encontrar especies diferentes, aunque esto dependerá de la densidad de macroartrópodos en las bromelias, su tasa de movimiento, el estado reproductivo de estos y época de muestreo.

#### **Relación entre morfología de la planta y riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos.**

En *T. oaxacana* no se registraron relaciones significativas con ninguna de las variables, lo que sugiere que no hay característica específica que ayude a entender la presencia de los macroartrópodos con esta especie de bromelia. En el caso de *T. carlos-hankii*, los resultados indicaron que hubo correlaciones significativas positivas entre el número de hojas y la riqueza de macroartrópodos e indica que a un mayor número de hojas habrá una mayor cantidad de morfoespecies o bien una mayor variedad de artrópodos.

Sin embargo, se encontró que sí existe una relación significativa de la riqueza ( $r=0.498^{**}$ ), abundancia ( $r=0.450^{**}$ ) y diversidad ( $r=0.511^{**}$ ) de macroartrópodos con el tamaño de la bromelia, independientemente de la especie. Dicho resultado es consistente con los resultados obtenidos por Richardson (1999), Stuntz (2001), Stuntz *et*



*al.* (2002) y Romero y Vasconcellos-Neto (2005). El tener una relación significativa entre la riqueza, abundancia y diversidad con el tamaño de la planta, hace referir a la teoría de biogeografía de islas de Mc Arthur y Wilson la cual menciona que islas con áreas grandes contienen más especies de animales e individuos que un área más pequeña. En cuanto a la palabra islas, no se refiere necesariamente a islas oceánicas, existen casos donde las unidades pueden ser discretas y pueden distinguirse de la matriz (análoga al mar), así los lagos son islas en un mar de tierra (Chávez, 2005); las cumbres de las montañas son islas de gran altitud en un océano de baja altitud, del mismo modo las bromelias son pequeñas islas en un mar de árboles.

Stuntz *et al.* (2002) mencionan que áreas grandes contienen más especies de animales e individuos que un área más pequeña, de manera similar una planta hospedera más grande con mayor disponibilidad de espacio, más estructura y así más nichos, puede sostener poblaciones animales numerosas y diversas. De manera similar y tomando a las bromelias como islas (Richardson, 1999), las bromelias más grandes, *T. carlos-hankii*, con mayor disponibilidad de espacio y así micronichos, presentó mayor cantidad de macroartrópodos que *T. oaxacana*; esto es porque, de acuerdo con Stuntz *et al.* (2002) las plantas más grandes son más probables de ser descubiertas y colonizadas por artrópodos y consecuentemente pueden soportar mayores poblaciones y mayor diversidad de especies.

**Trabajos de artrópodos en bromelias.**

Los trabajos con los cuales han sido comparados los resultados del presente estudio, fueron realizados en su mayoría en bosques tropicales, sólo el de Rojas y Casanova (2002) fue realizado en un bosque de encino, similar al tipo de vegetación en el que se realizó el presente trabajo, sin embargo el trabajo de Rojas y Casanova (2002) presenta sólo resultados preliminares. Es por ello la importancia del presente trabajo en el conocimiento de los macroartrópodos que habitan dentro de bromelias de un bosque de encino en el estado de Oaxaca, siendo así pionero en esta área de investigación para el estado de Oaxaca, además dentro de los análisis de este trabajo se incluyen la comparación entre épocas, así como entre especies de bromelias, además de analizar la relación entre la estructura de la bromelias y la presencia de los artrópodos dentro de ella.

Esto significa que no existe algún trabajo en el que se analice si los artrópodos dependen de la estructura más que de la especie de la bromelia, y al mismo tiempo, que tanto influye la época estacional en la presencia de los macroartrópodos dentro de las bromelias. En este caso encontramos que ambas características influyen en la composición de los macroartrópodos dentro de la bromelia, puesto que se encontró que existe una relación significativa entre el tamaño de la planta (relacionada a la estructura) así como también está relacionada a la especie de bromelia, ya que encontramos una composición de macroartrópodos distinta entre ambas especies (morfoespecies únicas en cada de las especies de bromelia).

**Las bromelias como micronichos de diversidad.**

Dado los resultados obtenidos, se puede decir que, la bromelia tipo tanque sirve como refugio contra la desecación, también como un sitio de descanso para los artrópodos que llegan a este sitio. Los macroartrópodos recurren a estas porque de ahí obtienen: alimento, refugio y además muchos de ellos realizan su reproducción dentro de la bromelia ya que llevan a cabo la deposición de huevos dentro de estas plantas; hecho que se confirma con los huevos de arañas encontrados en las bromelias.

Aunque no se incluyeron en los análisis; se registraron individuos en estado larval, etapa de ninfa, juvenil además de mudas o exubias. Se encontraron etapas inmaduras de Diptera, Araneae, Scorpionida, Hemíptera, Lepidopera y otros. En muchos de los insectos se ha desarrollado un cierto grado de cuidado de la cría por parte de los progenitores por lo que uno de ellos, o ambos protegen o alimentan a la prole, o hacen ambas tareas a la vez, por lo tanto estos organismos pueden llevar a cabo su ciclo de vida completo dentro de las bromelias. Una consecuencia de la metamorfosis completa es que los requerimientos dietarios y otros de las larvas y de los adultos de la misma especie son tan diferentes que no compiten entre sí y es por ello que pueden habitar las diferentes etapas de su desarrollo dentro de la bromelia.

Los resultados demuestran la importancia de las bromelias tipo tanque para el refugio de una fauna de artrópodos diversa, principalmente durante la época seca, debido a la capacidad de las bromelias para crear un microclima, generando un ambiente más fresco dentro de ella, permitiendo entonces que los artrópodos puedan protegerse de las condiciones extremas del medio ambiente (Murillo *et al.*, 1983; Stuntz *et al.*, 2002).

Finalmente, la pérdida de hábitats producto de la deforestación, puede provocar entre otros fenómenos la extinción de especies, debido a la reducción del área total de hábitat disponible (Kattan, 2002), las consecuencias de la alteración de un tipo de vegetación se puede propagar en cascada afectando a otras especies, en este caso la ausencia de árboles llevará a la ausencia de epífitas, entre ellas las bromelias tipo tanque y consecuentemente la ausencia de artrópodos que buscan el refugio dentro de estas plantas. La importancia de conservar ambas especies es que son endémicas, además de que su pérdida llevaría a la extinción a un gran número de especies únicas presentes en cada especie de bromelia.

## VII. CONCLUSIONES

La composición de morfoespecies entre especies de bromelias es distinta, esta diferencia resalta la importancia de cada una de las especies, ya que cada una contribuye con morfoespecies únicas a la diversidad del ecosistema.

El cambio en la composición de macroartrópodos en las bromelias estuvo influenciado por las condiciones medioambientales; en ambas especies de bromelia el índice de diversidad fue mayor en época seca, lo que demuestra la importancia de las bromelias para el refugio de una diversa fauna de artrópodos principalmente en esta época, debido a la humedad conservada dentro de las bromelias.

La riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos están relacionadas al tamaño de la planta, esto es porque las plantas más grandes son más probables de ser descubiertas y colonizadas por artrópodos y consecuentemente pueden soportar mayores poblaciones y mayor diversidad de especies. *T. carlos-hankii*, con mayor disponibilidad de espacio y así micronichos, presentó mayor cantidad de macroartrópodos que *T. oaxacana*.

Las bromelias tipo tanque ofrecen numerosos microhabitat para una diversa artropofauna, muchos de ellos se encuentran estrechamente relacionados a las bromelias debido a que llevan a cabo su ciclo de vida completo dentro de estas plantas; lo cual es posible debido a que los requerimientos de cada etapa son tan diferentes que no compiten entre sí y es por ello que pueden habitar las diferentes etapas de su desarrollo dentro de la bromelia.

Los resultados del trabajo, presentan evidencias de la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos que se albergan dentro de *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana*, y pueden considerarse como un modelo para estudios de diversidad en macroartrópodos.

## LITERATURA CITADA

- Acebey, A., M. Kessler y B.L. Maass. 2007. Potencial de aprovechamiento de Araceae y Bromeliaceae como recursos no maderables en el bosque montano húmedo del Parque Nacional Cotapata, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 42(1):4-22.
- Aguilera, M., Ma. Casanueva y C. Hernández. 2006. Composición de la araneofauna en dos especies de árboles nativos *Peumus boldus* Mol. y *Luma apiculata* (D.C.) Burret en el parque botánico Pedro del río Zañartu (Hualpen), Concepción, VIII Región, Chile. *Gayana (Concepc.)*, 70 (2): 176-185.
- Armbruster P., R. A. Hutchinson and P. Cotgreave. 2002. Factors influencing community structure in a South American tank bromeliad fauna. *Oikos* 96: 225–234.
- Beutelspacher, C. 1999. Bromeliáceas como ecosistema. Con especial referencia a *Aechmea bracteata* (Swartz) Griseb. Plaza y Valdes Editores. México. 123 p.
- Benzing D. H. 1976. Bromeliad trichomes: structure, function and ecological significance. *Selbyana* 1:220-248.
- Benzing, DH. 1990. Epiphytism: a preliminar overview. *Vascular epiphytes general biology and related biota*. Cambridge University Press Pp 1-43.
- Benzing DH. 2000. Bromeliaceae—profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press. 87p.
- Borror, D., D. DeLong and Ch. Triplehorn. An Introduction to the Study of insects. 1976. Fourth edition. United States. 852 p.
- Bousquets, J., A. García y E. González. 1996. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. UNAM. México D. F. 659 p.
- Castner J. 2004. Photographic atlas of entomology and guide to insect identification. Department of biology. Pittsburg State University. Feline Press. 174 p.
- Chávez Peón, C. 2005. Escalamiento de la diversidad de invertebrados de hojarasca en un bosque de pino-encino. Tesis de Maestría. Universidad de Hidalgo. 90p.
- Cotgreave, P., M. Hill and D.A. Middleton. 1993. The relationship between body size and population size in bromeliad tank faunas. *Biological Journal of the Linnean Society*. 49( 4): 367-380.
- Dejean, A., I. Olmsted and R. R. Snelling. 1995. Tree-epiphyte-ant relationships in the low inundated forest of Sian Kaán Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. *Biotropica* 27 (1): 57-70 p.
- Derraik J.G., G. Closs, K. Dickinson, P. Sirvid, B. Barratt and B. Patrick. 2002. Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera and Lepidoptera. *Conservation Biology*, Volume 16, Number 4 pp. 1015-1023(9)
- Elzinga, R. 2004. Fundamentals of entomology. Sixth Edition. Pearson. Prentice Hall. New Jersey, USA. 512 p.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A., Ramírez-Morillo, I., Holst, B., Luther, H., and Hill, B. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. *Selyana* 25(1):33-86 p.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A., Martínez-Correa N., and Pulido-Esparza V. 2007. Bromeliad flora of Oaxaca, Mexico: richness and Distribution. *Acta Botanica Mexicana* 81: 71-147.
- 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., S.S. Reenivasan, P.J. Benschhoff, et al. 2004. Invertebrate animals extracted from native *Tillandsia* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Sarasota County, Florida. *Florida Entomologist*. 87(2): 176-185.
- García-Mendoza, A, Ordóñez Ma. Y Briones-Salas. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, WWF. México. 605.
- García R. y P. Chacón. 2005. Estafilidos (Coleoptera: Staphylinidae) en fragmentos de bosque seco del valle geográfico del río Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1): 43-50.
- Garita-Cambroner J y Lizano-Fallas V. 2006. Determinación del dimorfismo sexual de *Gynaikothrips garitacambroneroi* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) inductor de agallas en *Ficus benjamina*. *Mes* 1(1):10-14.
- Gentry, A. and 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 la Cordillera Oriental de Colombia. *Folia entomológica*. México, 45(2): 69-81.
- Harvey C., 1996. Patterns Of Seed Colonization And Seedling Establishment Of Ball Moss (*Tillandsia recurvata*) On Sand Live Oak Trees (*Quercus Geminata*) In Central Florida. *Florida Scientist*. Volume 59, Issue 2: pp. 76–81
- Hietz, P. y U. Hietz - Seifert. 1994. Epífitas de Veracruz. Guía ilustrada para las regiones de Xalapa y los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Ecología, A. C. México. 236 p.
- Ibáñez B. S. 1999. Informe final del proyecto G011: Los díptera hematófagos y taxa relacionados de dos áreas protegidas del estado de Yucatán. S.S.I.N.D. y R. E. Laboratorio de entomología e insectario.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984. Carta geológica. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984. Carta de efectos climatológicos regionales Noviembre-Abril. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984. Carta de efectos climatológicos regionales Mayo-Octubre. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Carta del uso de suelo y vegetación. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. Carta topográfica. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. Carta edafológica. Escala 1: 250 000. Oaxaca E14-9.
- Iriart, D. E., P. Catalá, J. Todaro, A. Panseri y M. Franceschini. 2002. Aspectos ecológicos de la fitotelmata de *Aechmea distichantha* Lem. (Bromeliaceae) In: IJornadas de Ciencias Naturales del NOA y VIII Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral.
- Isaza C., J. Betancur y J.V. Estévez. 2004. Vertical distribution of Bromeliads in a montane forest in the eastern cordillera of the colombian Andes. *Selbyana*. 25(1): 126-137.
- Kaston B. J. 1978. How to know the spiders. Third Edition. The pictured key nature series. San Diego State University. 272 p.
- Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. In: Guariguata, M. y Catan, G. (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Editorial Costa Rica: Libro universitario regional. P. 561-590.



- Liria, Jonathan. 2007. Fauna fitotelmata en las bromelias *Aechmea fendleri* André y *Hohenbergia stellata* Schult del Parque Nacional San Esteban, Venezuela. Rev. peru biol., ago. vol.14, no.1, p.33-38. ISSN 1727-9933.
- Luther, H. E. 2006. An alphabetical list of bromeliad binomials. Bromeliad Society International. Sarasota. 119 pp.
- Machado-Allison, C.E, R. Barrera, L. Delgado, C. *et al.* 1986. Mosquitos (Diptera: Culicidae) de los Fitotelmata de Panaquire, Venezuela. Acta Biológica Venezuelica. 12(2): 1-12.
- Matuda E. 1977. Nuevas bromeliaceas mexicanas. Cactaceas y suculentas mexicanas. 22(1): 20-23
- Medina, E. 1990. Ecofisiología y evolución de las Bromeliaceae. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Cordoba, Argentina. 59: 71-99.
- Mestre L. A. M., J. M. R. Aranha y M. L. P. Esper. 2001. Macroinvertebrate Fauna Associated to the Bromeliad *Vriesea inflata* of the Atlantic Forest (Paraná State, Southern Brazil). Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol 44, (1): 69-94.
- Mondragón, D. 2003. Catálogo de las especies de bromelias encontradas en Santa Catarina Ixtepeji y alrededores. CIIDIR-Oaxaca.
- Montes de Oca, E., G. E. Ball & J. R. Spence. 2007. Carabidae (Insecta, Coleoptera) and Epiphytic Bromeliaceae in Central Veracruz, México. Environmental Entomology. 36(3): 560-568.
- Moreno, E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza. 84 pp.
- Murphy, P. y A. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 17: 67 – 88.
- Murillo, R., J. Palacios, J. Labougle, E. Hentschel, J. Llorente, K. Luna, P. Rojas y S. Zamudio. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* sp en una zona de transición Biótica. The Southwestern Entomologist. Vol. 8, No. 4.: 292-302.
- Nunes, M. y C. Duarte. 1997. The effect of the complexity of the tank bromeliad *Noeregelia cruenta* (R. Graham) L. B. Smith on the associated animal community. Bromélia. 4(2): 13-22.
- Oliveira, M. g., C. F. Rocha and L. Bagnall. 1994. A comunidade animal associada a bromelia-tanque *Neoregelia cruenta* (R. Graham) L.B. Smith. Bromelia, 1(1): 22-29.
- Ospina-Bautista, F, J. Estévez-Varón, J. Betancur y E. Realpe-Rebolledo. 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 (n.s). 20(1): 153-166.
- Palacios-Vargas, J. 1982. Microartrópodos asociados a bromeliaceas. In: Salinas, P.J. Ed. Zoología Neotropical. Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Zoología, Tomo I: 535-545p.
- Palacios-Vargas, J. and G. Castaño-Meneses. 2002. Collembola associated with *Tillandsia violaceae* (Bromeliaceae) in Mexican *Quercus-Abies* forests. Pedobiologia 46, 395-403.
- Quevedo, R. and Vasconcellos-Neto J. 2005. Spatial distribution and microhabitat preference of *Psecas Chapoda* (Peckham & Peckham) (Araneae, Salticidae). Journal of Arachnology. 2005 33(1). p.124

- Ramírez C. y G. Silva. 2002. Uso tradicional y conservación de los mamíferos de Santa Catarina Ixtepeji, en la Sierra Norte de Oaxaca. ITO, CIIDIR-OAXACA. C. Interactivo.
- Ramirez I.M y G.F.C. Carnevali. 2003. A new species of *Tillandsia* (Bromeliaceae) from the Mexican Yucatan Peninsula. *Novon*. 13:209-211.
- Richardson B. A. 1999. The Bromeliad Microcosm and the Assessment of Faunal Diversity in a Neotropical Forest. *Biotropica*, Vol. 31, No. 2 (Jun., 1999), pp. 321-336
- Richardson B. A., C. Rogers y M.J. Richardson. 2000. Nutrients, diversity, and community structure of two phytotelm systems in a montane forest, Puerto Rico. *Ecological Entomology*. 25: pp. 348-356
- Rojas, 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.
- Romero, G. and J. Vasconcellos-Neto. 2005. Spatial Distribution and Microhabitat Preference of *Psecas chapoda* (Peckham & Peckham) (Araneae, Salticidae). *Journal of Arachnology*, Vol. 33, No. 1, pp. 124-134.
- Romero, G. 2006. Geographic Range, Habitats, and Host Plants of Bromeliad-living Jumping Spiders (Salticidae). *Biotropica*, Volume 38, Number 4, July 2006, pp. 522-530(9).
- Romero, R. 2004. Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos, su mercantilización. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera Edición. México. 109 p.
- Ruppert y Barnes. (1996). *Zoología de los invertebrados*. Sexta edición. Edit. McGraw-Hill Interamericana. México, D.F. pp. 345.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Sánchez-N. D. y G. Amat-García. 2005. Diversidad de la fauna de artrópodos terrestres en el humedal Jaboque, Bogotá-Colombia. *Caldasia* 27(2): 311-329.
- Schuh, R. T., and J. A. Slater. 1995. *True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera)*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Smith, L. and R. Jack. 1977. *Flora Neotropica. Tillandsioideae (Bromeliaceae)*. Monograph No. 14, Part 2. Hafner Press. New York, USA.
- Soberón M., J and 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.
- Stuntz, S. C. 2001. The influence of epiphytes on arthropods in the tropical forest canopy. Würzburg. 123 p.
- Stuntz, S. C. Ziegler, U. Simon and 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 p.
- Triplehorn, C. and N. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's introduction to the Study of insects*. 7th Edition. USA. 864 p.
- Valdivia, Q. P. 1976. Estudio de las plantas epífitas de la región de Uxpanapa, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 44p.
- Villee, C., W. Walter y F. Smith. 1970. *Zoología*. 3a Ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C. V. 834 p.
- Wittman, P.K. 2000. The animal community associated with canopy bromeliads of the lowland Peruvian Amazon rain forest. *Selbyana* 21: 48-51.

www.sólociencia.com

Yanoviak S. 2001. The macrofauna of water-filled tree holes on Barro Colorado Island, Panamá. *Biotropica* 33(1): 110-120.

Yanoviak S., H. Walker and N. Nadkarni. 2004. Athropod assemblages in vegetative vs. humic portions of epiphyte mats in a neotropical cloud forest. *Pedobiologia* 48: 51-58.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth Edition. Prentice-Hall. USA. 663 p.

Zotz, G, y Andrade, J. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. *In*: Guariguata, M. y Catan, G. (Eds). *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Ed. Costa Rica: libro universitario regional.

Zotz G, and Thomas V. 1999. How much water is in the tank? Model calculations for two epiphytic bromeliads. *Annals of Botany* 83, 183–192.

## ANEXOS

Cuadro 1. Listado de morfoespecies de macroartropodos y su abundancia, registrados en *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en dos épocas del año en un bosque de encino pino de Ixtepeji Oaxaca.

PEÑA PRIETA		<i>T. carlos-hankii</i>		<i>T. oaxacana</i>	
FAMILIA	MORFOESPECIE	lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Clase Arácnida					
Orden Scorpionida					
1	Vaejovidae	<i>Vaejovis aff. franckei</i>	1	0	0
Orden Araneae					
2	Anyphaenidae	<i>Anyphaena ag</i>	15	1	0
3	Anyphaenidae	<i>Anyphaena pd4h</i>	0	0	9
4	Clubionidae	<i>Cheiracanthium osqco</i>	0	1	0
5	Clubionidae	<i>Clubiona fl1edp</i>	20	9	5
6	Clubionidae	<i>Elaver fl1dedp</i>	15	18	2
7	Clubionidae	<i>Trachelas em</i>	1	0	0
8	Dictynidae	<i>Lathys tet</i>	3	0	0
9	Gnaphosidae	<i>Drassodes tcded</i>	3	0	1
10	Gnaphosidae	<i>Haplodrassus ompoo</i>	0	0	1
11	Hahniidae	<i>Hahnia omapql</i>	2	0	0
12	Liocranidae	<i>Agroeca ca</i>	2	0	0
13	Lyniiphidae	<i>Lepthyphantes mce</i>	2	2	0
14	Lyniiphidae	<i>Tenuiphantes octl</i>	5	2	0
15	Oonopidae	<i>Ganasomorpha aeddft</i>	2	0	0
16	Philodromidae	<i>Philodromus oplc</i>	1	0	2
17	Philodromidae	<i>Thanatus tpcml</i>	1	0	0
18	Plectreuidae	<i>Plectreuris flcqc</i>	13	0	0
19	Salticidae	<i>Ballus ad</i>	1	0	0
20	Salticidae	<i>Corythalia mmlqt</i>	16	17	6
21	Salticidae	<i>Euophrys abmd</i>	9	3	3
22	Salticidae	<i>Euophrys agn</i>	6	0	0
23	Salticidae	<i>Evarcha p3mlq1</i>	0	1	1
24	Salticidae	<i>Habrocestum p1mlq3</i>	1	0	0
25	Salticidae	<i>Heliophanus ctba</i>	3	0	0
26	Salticidae	<i>Maevia ddcq</i>	2	0	1
27	Salticidae	<i>Marpissa usdq</i>	6	6	3
28	Salticidae	<i>Metaphidippus cpdp</i>	0	0	2
29	Scytodidae	<i>Scytodes amn</i>	5	0	0
30	Segestridae	<i>Ariadna alo</i>	1	0	0
31	Tengellidae	<i>Liocranoides tfe</i>	1	0	0
32	Theridiidae	<i>Achaearanea med</i>	3	2	0
33	Theridiidae	<i>Theridion pl</i>	7	0	0
Orden Pseudoscorpionida					
34	Olpiidae	<i>Serianus oa</i>	2	0	0

PEÑA PRIETA		<i>T. carlos-hankii</i>		<i>T. oaxacana</i>	
FAMILIA	MORFOESPECIE	lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Clase Chilopoda					
Orden Lithobiomorpha					
35	Henicopidae	<i>Henicopus lupo</i>	20	0	6
36	Lithobiidae	<i>Lithobius mcocl</i>	20	2	0
37	Lithobiidae	<i>Lithobius mdocl</i>	4	0	0
Orden Geophilomorpha					
38	Geophilidae	<i>Geophilus uecacl</i>	0	3	7
39	Geophilidae	<i>Pachymerium m47pp</i>	1	0	0
Clase Diplopoda					
Orden Polydesmida					
40	Polydesmidae	<i>Polydesmus es</i>	3	0	0
Orden Julida					
41	Conotylidae	<i>Bollmanella mcacl</i>	1	1	2
Clase Hexapoda					
Orden (Insecta)Microcoryphia					
42	Machilidae	<i>Machilidae ogcc</i>	1	0	0
Orden Orthoptera					
43	Gryllidae	<i>Petaloptila acl</i>	1	0	0
Orden Blattodea					
44	Blattellidae	<i>Eurycotis nac</i>	6	13	5
45	Blattidae	<i>Parcoblatta c-aap</i>	1	0	0
Orden Dermaptera					
46	Forficulidae	<i>Forficula aff. auricularia</i>	0	2	3
Orden Psocoptera					
47	Ectopsocidae	<i>Ectopsocus ac</i>	2	0	0
48	Liposcelidae	<i>Liposcelis flpe</i>	2	1	0
49	Pseudococciidae	<i>Anomopsocus aff. amabilis</i>	0	0	1
50	Pseudococciidae	<i>Lachesilla aavc-anfvm</i>	3	4	0
51	Psocidae	<i>Psocus omp</i>	3	0	0
Orden Hemiptera					
52	Coreidae	<i>Acantocephala fpge</i>	0	1	0
53	Coreidae	<i>Anasa prmd</i>	0	6	0
54	Coreidae	<i>Anasa cc-n</i>	0	1	0
55	Lygaeidae	<i>Acroleucus nexis</i>	23	0	2
56	Lygaeidae	<i>Anomaloptera mbpv</i>	2	0	0
57	Lygaeidae	<i>Froerchmeria npca</i>	1	0	0
58	Lygaeidae	<i>Neortholomus cpcp</i>	169	33	12
59	Lygaeidae	<i>Prytanus vcco</i>	0	1	0

PEÑA PRIETA			<i>T. carlos-hankii</i>		<i>T. oaxacana</i>	
	FAMILIA	MORFOESPECIE	lluvia	Seca	Lluvia	Seca
60	Lygaeidae	<i>Balboa mbe</i>	1	0	0	0
61	Pentatomidae	<i>Bruchymena ceccd</i>	2	2	0	1
62	Pentatomidae	<i>Loxa plfe</i>	0	1	0	0
63	Pentatomidae	<i>Oebalus cagc-a</i>	0	0	0	1
64	Pentatomidae	<i>Podisus cg-n</i>	0	0	0	4
65	Pentatomidae	<i>Podisus pbhrb</i>	0	0	0	1
66	Reduviidae	<i>Sinea page</i>	0	3	0	1
67	Reduviidae	<i>Stelonemus pdr</i>	2	0	0	0
68	Rhopalidae	<i>Afeius impressicollis</i>	0	0	1	0
69	Rhyparochromidae	<i>Paromius longulus</i>	0	9	0	6
70	Tingidae	<i>Leptostyla tel</i>	0	0	0	2
71	Tingidae	<i>Teleonomia tntl</i>	0	0	0	1
Orden Homoptera						
72	Cercopidae	<i>Phylaeunus ndmba</i>	5	1	0	2
73	Cicadellidae	<i>Aulacizes etmb</i>	0	2	1	1
74	Cicadellidae	<i>Neokolla cen</i>	2	3	2	4
75	Cicadellidae	<i>Neokolla ccmba</i>	0	0	0	1
76	Membracidae	<i>Polyglypta aff. dorsalis</i>	0	3	0	6
Orden Thysanoptera						
77	Acalothripidae	<i>Erythorips tvn</i>	0	1	0	0
78	Thripidae	<i>Bregmatothrips paaa</i>	2	0	0	0
Orden Coleoptera						
79	Anobiidae	<i>Stegobium poc</i>	0	0	0	1
80	Anthribidae	<i>Goniodeus plmddpbl</i>	1	0	0	0
81	Anthribidae	<i>Epicaerus uepvf</i>	0	0	0	9
82	Attelabidae	<i>Himatolabus cope</i>	1	0	0	0
83	Bruchidae	<i>Callosobruchus cr</i>	9	3	0	2
84	Bruchidae	<i>Callosobruchus egpr</i>	0	1	0	1
85	Bruchidae	<i>Caryedon faa</i>	0	0	0	1
86	Bruchidae	<i>Stator tn1mm</i>	0	0	0	1
87	Carabidae	<i>Chlaenius dhp</i>	1	0	0	0
88	Carabidae	<i>Platynus acuminatus</i>	0	3	1	1
89	Carabidae	<i>Platynus conicicollis</i>	2	0	0	0
90	Carabidae	<i>Platynus cycloderus</i>	1	0	0	0
91	Carabidae	<i>Platynus dominicensis</i>	1	7	0	0
92	Carabidae	<i>Platynus lifragis</i>	42	44	0	3
93	Cerambycidae	<i>Arhopalus dmd</i>	1	0	0	0
94	Chrysomelidae	<i>Acalymma aff. vittata</i>	0	3	0	0
95	Chrysomelidae	<i>Chrysomela vmmnse</i>	2	6	0	3

PEÑA PRIETA			<i>T. carlos-hankii</i>		<i>T. oaxacana</i>	
	FAMILIA	MORFOESPECIE	lluvia	Seca	Lluvia	Seca
96	Cleridae	<i>Cymatodera dmcose</i>	0	2	0	1
97	Coccinellidae	<i>Psyllobora ebctmo</i>	0	0	0	1
98	Curculionidae	<i>Metamasius mrd</i>	0	0	1	0
99	Curculionidae	<i>Oriorhynchus cd</i>	1	0	0	0
100	Curculionidae	<i>Pantomorus pta</i>	0	1	0	0
101	Curculionidae	<i>Rhynchaerus fe</i>	1		0	0
102	Histeridae	Histeridae etedt	0	0	0	1
103	Melyridae	<i>Rhadalus cs</i>	1	5	0	3
104	Stafilinidae	<i>Phloeopora ca</i>	29	23	0	1
105	Stafilinidae	<i>Quedius sa4-11</i>	5	2	1	0
106	Tenebrionidae	<i>Eleodes cnel</i>	1	0	0	0
107	Tenebrionidae	<i>Statira ccca</i>	0	3	0	0
108	Trogossitidae	Trogossitidae iac	1	0	0	0
Orden Diptera						
109	Ceratopogonidae	<i>Monohalea occ</i>	2	0	0	0
110	Chironomidae	Chironomidae amp	1	0	3	1
111	Drosophilidae	<i>Drosophila orcar-c</i>	1	1	0	0
112	Sciaridae	<i>Sciara cnao</i>	2	0	1	0
113	Tipulidae	Tipulidae tsfV	2	0	0	0
Orden Lepidoptera						
114	Gelechiidae	Gelechiidae plcha	4	3	0	2
115	Pyralidae	Pyralidae ccr	0	0	1	1
Orden Hymenoptera						
116	Ichneumonidae	Ichneumonidae pcde	0	1	0	0
117	Ichneumonidae	Ichneumonidae cava-c	1	1	0	0
118	Ichneumonidae	Ichneumonidae caa	0	1	0	0
119	Ichneumonidae	Ichneumonidae pa	2	0	0	0
120	Cynipidae	<i>Dryocosmus cnag</i>	0	1	0	0
121	Scelionidae	<i>Idris cnaa</i>	1	0	0	0
122	Vespidae	<i>Polistes tcc-ran</i>	0	29	1	12
123	Formicidae	<i>Crematogaster distans</i>	0	1	0	0
124	Formicidae	<i>Crematogaster obscurata</i> (Emery 1895)	0	0	1	0
125	Formicidae	<i>Solenopsis geminata</i>	0	0	1	0
126	Formicidae	<i>Temnothorax rugosus</i>	1	0	0	0
127	Formicidae	<i>Temnothorax striatulus</i>	8	0	2	0
		Riqueza total	81	53	24	49
		Abundancia total	551	296	46	168
		Índice de Diversidad de Shannon	1,38	1,4	1,29	1,51

Cuadro 2. Descripción de las morfoespecies registrados en *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en dos épocas del año en un bosque de encino pino de Ixtepeji Oaxaca.

PEÑA PRIETA			
	FAMILIA	MORFOESPECIE	DESCRIPCION
	Clase	Arácnida	
	Orden	Araneae	
1	Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> ag	Abdomen gris
2	Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> pd4h	Parte dorsal con cuatro hendiduras
3	Clubionidae	<i>Cheiracanthium</i> osqco	Ojos subiguales y queliceros café oscuro
4	Clubionidae	<i>Clubiona</i> fldep	Fémur uno con una espina distal prolateral
5	Clubionidae	<i>Elaver</i> fldedp	Fémur uno con dos espinas distales prolaterales
6	Clubionidae	<i>Trachelas</i> em	Esternum marginado. Suave brillante y sin pelos
7	Dictynidae	<i>Lathys</i> tct	Tarsos con tricobotria. Endito corto no convergente
8	Gnaphosidae	<i>Drassodes</i> tded	Tibia IV con dos espinas dorsales
9	Gnaphosidae	<i>Haplodrassus</i> ompoo	Ojos medios posteriores ovales y oblicuos
10	Hahniidae	<i>Hahnia</i> omapql	Ojos medios anteriores más pequeños que los laterales
11	Liocranidae	<i>Agroeca</i> ca	Carapacho aplanado
12	Lyniiphidae	<i>Lepthyphantes</i> mce	Metatarso con espinas
13	Lyniiphidae	<i>Tenuiphantes</i> octl	Opistosoma con tres líneas
14	Oonopidae	<i>Gamasomorpha</i> aeddf	Abdomen con escoto dorsalmente dividido en forma transversal
15	Philodromidae	<i>Philodromus</i> opllc	Ojos posteriores en una línea ligeramente curva
16	Philodromidae	<i>Thanatus</i> tpcml	Todas las patas casi de la misma longitud
17	Plectreuridae	<i>Plectreuris</i> flcqc	Fémur I más corto que el carapacho
18	Salticidae	<i>Ballus</i> ad	Abdomen depreso. Tibia I con espina ventral
19	Salticidae	<i>Corythalia</i> mmlqt	Metatarso más largo que el tarso
20	Salticidae	<i>Euophrys</i> abmd	Abdomen blanquizo con mancha dorsal
21	Salticidae	<i>Euophrys</i> agn	Abdomen gris-negro
22	Salticidae	<i>Evarcha</i> p3mlq1	Pata III más larga que la I
23	Salticidae	<i>Habrocestum</i> p1mlq3	Pata I más larga que la III
24	Salticidae	<i>Heliophanus</i> ctba	Cefalotorax con truncamiento en borde anterior
25	Salticidae	<i>Maevia</i> ddcq	Dientes con dos cúspides en quelicero
26	Salticidae	<i>Marpissa</i> usdq	Un solo diente queliceral
27	Salticidae	<i>Metaphidippus</i> cpdp	Cuerpo y patas con densa pubescencia
28	Scytodidae	<i>Scytodes</i> amn	Amarillo con manchas negras
29	Segestridae	<i>Ariadna</i> alo	Abdomen largo oval
30	Tengellidae	<i>Liocranoides</i> tfe	Tibia con fuertes espinas
31	Theriidiidae	<i>Achaearanae</i> med	Manchas en el dorso
32	Theriidiidae	<i>Theridion</i> pl	Patas largas
Orden Scorpionida			
33	Vaejovidae	<i>Vaejovis</i> aff. <i>franckei</i>	Scorpionida
Orden Pseudoscorpionida			
34	Olpidae	<i>Serianus</i> oa	opistosoma alargado
Clase Chilopoda			
Orden Lithobiomorpha			

35	Henicopidae	<i>Henicopus</i> Lupo	Un par de ojos
36	Lithobiidae	<i>Lithobius</i> mcocl	Menos de cinco ocelos a cada lado
37	Lithobiidae	<i>Lithobius</i> mdocl	Más de diez ocelos en cada lado
Orden Geophilomorpha			
38	Geophilidae	<i>Geophilus</i> uecacl	Último esternito casi tan ancho como largo
39	Geophilidae	<i>Pachymerium</i> m47pp	Menos de 47 pares de patas
Clase Diplopoda			
Orden Polydesmida			
40	Polydesmidae	<i>Polydesmus</i> es	Esternitos separados
Orden Julida			
41	Conotylidae	<i>Bollmanella</i> mcacl	Manchas claras a los costados
Clase Hexapoda (Insecta)			
Orden Microcoryphia			
42	Machilidae	ogcc	ojos grandes, compuestos y continuos
Orden Orthoptera			
43	Gryllidae	<i>Petaloptila</i> acl	Antenas y cercos largos
Orden Blattodea			
44	Blattellidae	<i>Eurycotis</i> nac	Negro de alas cortas
45	Blattidae	<i>Parcoblatta</i> c-aap	Café-amarillo de alas con pliegues
Orden Dermaptera			
46	Forficulidae	<i>Forficula</i> aff. Auricularia	Dermaptera
Orden Psocoptera			
47	Ectopsocidae	<i>Ectopsocus</i> ac	Antenas cortas
48	Liposcelididae	<i>Liposcelis</i> ftpe	fémur de tercera pata ensanchada
49	Pseudocoeciliidae	<i>Anomopsocus</i> aff. Amabilis	
50	Pseudocoeciliidae	<i>Lachesilla</i> aavc-anfvm	ala anterior con vena cubito-anal 1a no fusionado a vena media
51	Psocidae	<i>Psocus</i> omp	Omatidios muy pequeños
Orden Hemiptera			
52	Coreidae	<i>Acantocephala</i> fpge	Fémur posterior grueso con espinas
53	Coreidae	<i>Anasa</i> prmd	Patas rojas, dos manchas en el dorso
54	Coreidae	<i>Anasa</i> cc-n	Color café-negro
55	Lygaeidae	<i>Acroleucus</i> nexus	nexus
56	Lygaeidae	<i>Anomaloptera</i> mbpv	manchas blancas en parte ventral
57	Lygaeidae	<i>Froerchneria</i> npca	negro con pronoto curvo en ápice
58	Lygaeidae	<i>Neortholomus</i> cpcp	cuerpo con pubescencia corta y pálida
59	Lygaeidae	<i>Prytanus</i> vcco	ventralmente de color café oscuro
60	Lygaeidae	<i>Balboa</i> mbe	manchas en el borde de los élitros
61	Pentatomidae	<i>Bruchymena</i> ceccd	Cuerpo ensanchado, color café dorado
62	Pentatomidae	<i>Loxa</i> plfe	Pronoto con los lados en forma de espina
63	Pentatomidae	<i>Oebalus</i> cacg-a	Cuerpo alargado, color gris-amarillento
64	Pentatomidae	<i>Podisus</i> cg-n	color gris-negro
65	Pentatomidae	<i>Podisus</i> pbhrb	patas blancas y hemiélitros rojo y blanco
66	Reduviidae	<i>Sinea</i> page	patas anteriores gruesas con espinas
67	Reduviidae	<i>Stelonemus</i> pdr	patas delanteras raptorales
68	Rhopalidae	<i>Afeius</i> impressicollis	impressicollis
69	Rhyparochromidae	<i>Paromius</i> longulus	longulus

70	Tingidae	<i>Leptostyla</i> tel	torax con expansiones laterales
71	Tingidae	<i>Teleonemia</i> tntl	tórax negro con tres líneas
Orden Homoptera			
72	Cercopidae	<i>Philaeunus</i> ndmbsa	negro con dos manchas blancas sobre alas
73	Cicadellidae	<i>Aulacizes</i> etmb	escutelum con tres manchas blancas
74	Cicadellidae	<i>Neokolla</i> ccn	color café a negro
75	Cicadellidae	<i>Neokolla</i> ccmba	color café con manchas blancas en alas
76	Membracidae	<i>Polyglypta</i> aff. dorsalis	Homoptero
Orden Thysanoptera			
77	Aealothripidae	<i>Erythorips</i> tvn	tórax verde metálico
78	Thripidae	<i>Bregmatothrips</i> paaa	parte anterior del abdomen anaranjado
Orden Coleoptera			
79	Anobiidae	<i>Stegobium</i> poc	Pronoto ocultando la cabeza
80	Anthribidae	<i>Goniodoeus</i> plmdpbl	Pronoto con línea media dorsal y dos puntos blancos laterales
81	Anthribidae	<i>Epicaerus</i> uepvf	una espina en parte ventral del fémur
82	Attelabidae	<i>Himatolabus</i> cope	café oscuro con pubescencia corta
83	Bruchidae	<i>Callosobruchus</i> cr	café rojizo
84	Bruchidae	<i>Callosobruchus</i> cgpr	cuerpo gris con patas rojizas
85	Bruchidae	<i>Caryedon</i> faa	fémur anterior aserrado
86	Bruchidae	<i>Stator</i> tn1mm	totalmente negro, 1 mm de longitud
87	Carabidae	<i>Chlaenius</i> dhp	dos hendiduras en protorax
88	Carabidae	<i>Platynus acuminatus</i>	acuminatus
89	Carabidae	<i>Platynus conicicollis</i>	conicicollis
90	Carabidae	<i>Platynus cycloderus</i>	cycloderus
91	Carabidae	<i>Platynus dominicensis</i>	dominicensis
92	Carabidae	<i>Platynus lifragis</i>	lifragis
93	Cerambycidae	<i>Arhopalus</i> dmd	dos manchas doradas
94	Chrysomelidae	<i>Acalymma</i> aff. vittata	aff. vittata
95	Chrysomelidae	<i>Chrysomela</i> vmmnse	verde metálico con manchas negras sobre élitros
96	Cleridae	<i>Cymatodera</i> dmcose	dos manchas café oscuro sobre élitros
97	Coccinellidae	<i>Psyllobora</i> ebctmo	élitros blancos casi transparentes con manchas oscuras
98	Curculionidae	<i>Metamasius</i> mrd	manchas rojas en el dorso
99	Curculionidae	<i>Oñiorhynchus</i> cd	color dorado
100	Curculionidae	<i>Pantomorus</i> pta	proyecciones en la tibia anterior
101	Curculionidae	<i>Rhynchaerus</i> fe	femures ensanchados
102	Histeridae	etedt	élitros truncados exponiendo uno o dos tergitos
103	Melyridae	<i>Rhadalus</i> cs	cuerpo setoso
104	Stafilinidae	<i>Phloeopora</i> ca	cuerpo aplanado
105	Stafilinidae	<i>Quedius</i> sa4-11	segmentos antenales cuatro a 11
106	Tenebrionidae	<i>Eleodes</i> cnel	color negro con élitros lisos
107	Tenebrionidae	<i>Statira</i> ccca	color café, cuerpo alargado
108	Trogossitidae	iac	inserciones antenales cubiertas
Orden Diptera			
109	Ceratopogonidae	<i>Monohelea</i> occ	ojos casi contiguos
110	Chironomidae	amp	antenas muy plumosas
111	Drosophilidae	<i>Drosophila</i> orcar-c	ojos rojos, cuerpo amarillo a rojo-café



112	Sciaridae	<i>Sciara cnao</i>	cuerpo negro y alas oscuras
113	Tipulidae	tsfV	tórax con sutura en forma de V
Orden Lepidoptera			
114	Gelechiidae	plcha	palpo labial curvo hacia arriba
115	Pyralidae	ccr	cubitus con cuatro ramificaciones
Orden Hymenoptera			
116	Ichneumonidae	pcde	Hymenoptero de propodeo con dos espinas
117	Ichneumonidae	cava-c	Hymenoptero con abdomen ventral amarillo-café
118	Ichneumonidae	caa	Hymenoptero con abdomen anaranjado
119	Ichneumonidae	pa	Hymenoptero patas amarillentas
120	Cynipidae	<i>Dryocosmus cnag</i>	color negro y abdomen globoso
121	Scelionidae	<i>Idris cnaa</i>	color negro y abdomen aplanado
122	Vespidae	<i>Polistes tcc-ran</i>	avispa de tres colores: café rojizo, amarillo y negro
123	Formicidae	<i>Crematogaster distans</i> (Mayr 1870)	Hymenoptero
124	Formicidae	<i>Crematogaster obscurata</i> (Emery 1895)	Hymenoptero
125	Formicidae	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius 1804)	Hymenoptero
126	Formicidae	<i>Temnothorax rugosus</i> (Mac kay, 2000)	Hymenoptero
127	Formicidae	<i>Temnothorax striatulus</i> (Stütz, 1937)	Hymenoptero

Cuadro 3. Valores de la prueba de bloques al azar para la riqueza, abundancia y diversidad de macroartrópodos, teniendo a la especie como factor fijo y la época de muestreo como factor variable.

	Factor de Var.	Gl	S.C.	C.M.	F	Pr > F
ABUNDANCIA	ESPECIE	1	129.075	129.075	69.77	< .0001**
	EPOCA	1	10.16	10.16	5.49	0.0221*
	EPOCA * ESPECIE	1	2.972	2.972	1.61	0.209
RIQUEZA	ESPECIE	1	37.805	37.805	82.39	< .0001**
	EPOCA	1	6.087	6.087	13.27	0.0005**
	EPOCA * ESPECIE	1	0.937	0.937	2.04	0.158
DIVERSIDAD	ESPECIE	1	0.676	0.676	62.81	<.0001**
	EPOCA	1	0.129	0.129	12.03	0.0009**
	EPOCA * ESPECIE	1	0.014	0.014	1.27	0.2646

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Cuadro 4 a) Datos tomados del muestreo de *T. carlos-hankii* durante la época de lluvia de 2005

Num. Planta	Alt. Total	Long. Hoja	Num. Hojas	Cavidades	Peso seco (g)	Abundancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	79.00	57.3			327.67	72	16	0.84617
2	70.00	65			273.73	58	15	0.86446
3	66.00	60			249.75	46	20	1.15873
4	67.00	55			255.74	4	4	0.60206
5	83.00	56			351.65	58	16	0.66612
6	66.00	59			249.75	10	8	0.87959
7	71.50	52			282.72	9	6	0.72831
8	71.20	55			280.92	30	20	0.94637
9	82.00	81			345.66	24	7	0.63246
10	88.00	60			381.62	3	4	0.47712

Cuadro 4 b) Datos tomados del muestreo de *T. carlos-hankii* durante la época de Seca de 2006

Num. Planta	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavidades	Peso seco (g)	Abundancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	74.60	67	56	63	177.50	44	18	0.9576396
2	61.50	53.4	57	61	147.00	29	12	0.89346547
3	48.00	43.5	58	70	172.50	35	16	1.05473215
4	61.00	52.3	62	72	442.00	29	15	1.00016826
5	38.00	31.9	20	51	73.00	14	9	0.85349161
6	66.20	56	38	77	158.00	45	17	1.00939795
7	61.00	48.1	46	77	155.50	17	12	1.01795716
8	48.00	46.5	37	74	112.00	8	6	0.75257499
9	78.50	51.7	41	66	371.50	15	10	0.94510542
10	84.50	66.6	56	77	161.50	60	19	1.03484681

Cuadro 4c) Datos tomados del muestreo de *T. carlos-hankii* durante la época de lluvia de 2006

No	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavidades	Peso seco (g)	Abundancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	87.00	61	43	67	375.63	49	15	0.769
2	76.00	61	43	49	309.69	34	15	0.947
3	89.00	68.5	49	78	387.61	26	14	1.047
4	72.00	58	36	58	285.72	26	9	0.838
5	65.00	48.5	36	67	243.76	16	9	0.859
6	77.00	57	25	37	315.69	20	9	0.808
7	71.00	56	41	61	279.72	8	5	0.602
8	71.00	47	24	39	279.72	3	3	0.477
9	56.00	42.5	50	73	189.81	14	11	0.552
10	89.00	76.5	48	61	387.61	40	19	1.184

Cuadro 5 a) Datos tomados del muestreo de *T.oaxacana* durante la época de lluvia de 2005

Num. Planta	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavi-dades	Peso seco (g)	Abun-dancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	22.5	21.00		30	13.25	3	3	0.477
2	25.5	24.30		41	24.65	0	0	0.000
3	26.8	23.40		36	19.47	0	0	0.000
4	26.5	22.40		40	23.62	10	7	0.797
5	27	24.80		48	31.91	1	1	0.000
6	24.2	23.00		37	20.51	5	5	0.699
7	32	30.50		28	11.18	0	0	0.000
8	23.5	22.40		28	11.18	0	0	0.000
9	18.5	16.60		26	9.10	3	3	0.477
10	25.8	24.30		27	10.14	1	1	0.000

Cuadro 5b) Datos tomados del muestreo de *T. oaxacana* durante la época de Seca de 2006

Num. Planta	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavi-dades	Peso seco (g)	Abun-dancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	17.5	17.6	36	45	28.802	1	1	0.000
2	18	16	30	36	19.471	3	2	0.276
3	17	15	37	39	22.581	4	4	0.602
4	20.5	18.2	34	39	22.581	5	4	0.579
5	29	28	45	47	30.876	11	7	0.802
6	18.5	16.5	27	35	18.434	2	2	0.301
7	27	25	39	46	29.839	22	6	0.302
8	21	19.8	20	33	16.360	11	7	0.768
9	21.5	21.9	25.5	47	30.876	6	4	0.280
10	27	22.3	39	39	22.581	10	10	0.300

Cuadro 5c) Datos tomados del muestreo de *T. oaxacana* durante la época de lluvia de 2006

Num. Planta	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavi-dades	Peso seco (g)	Abun-dancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	29.50	26.5	43	43	26.728	3	2	0.276
2	24.00	21	33	33	16.360	2	2	0.301
3	27.00	23	50	56	40.207	3	3	0.477
4	24.00	20.1	45	55	39.170	2	1	0.000
5	24.00	21	31	34	17.397	0	0	0.000
6	23.00	32	33	36	19.471	6	4	0.540
3	23.20	21.1	51	70	54.722	1	1	0.000
8	27.00	25.5	55	58	42.280	5	4	0.579
9	24.50	22	24	26	9.103	0	0	0.000
10	28.00	24	30	35	18.434	1	1	0.000

Cuadro 5d) Datos tomados del muestreo de *T. oaxacana* durante la época de Seca de 2007

Num. Planta	Altura Total (cm)	Longitud de Hoja (cm)	Numero de Hojas	Numero de Cavi-dades	Peso seco (g)	Abun-dancia	Riqueza	Índice de Diversidad
1	14	27	32	35	19.037	12	11	0.029
2	24	24.5	46	55	37.067	12	8	0.828
3	21	26.5	52	47	26.997	18	8	0.699
4	25	24.5	59	65	50.998	9	7	0.820
5	26	27	40	44	29.503	10	8	0.880
6	19	20	33	40	14.195	9	7	0.795
7	27	26	36	45	28.868	6	5	0.678
8	20	25	33	37	31.904	8	5	0.649
9	21	19	27	34	13.124	9	4	0.569
10	21	25	41	46	34.276	0	0	0.000

6. Fotografías de artrópodos encontrados en *T. carlos-hankii* y *T. oaxacana* en Peña Prieta.



Larva *Pipisa* (Sirphyidae)



Pupas



Collembola (Entomobryidae)



*Vaejovis* aff. *franckei* (Vaejovidae)



*Anyphaena* (Anyphaenidae)



*Marpissa* (Salticidae)



*Tenuiphantes* (Linyphiidae)



*Elaver* (Clubionidae)



*Bollmanella* (Conotylidae)



*Henicopus* (Henicopidae)



*Platynus* (Carabidae)



*Callosobruchus* (Bruchidae)



*Anasa* (Lygaeidae)



*Neortholomus* (Lygaeidae)



*Polyglypta* (Membracidae)



*Philaenus* (Cercopidae)



Tipulidae



*Polystes* (Vespidae)



*Quedius* (Staphilinidae)



Tingidae