



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Diversidad de colémbolos (Hexapoda: Colembolla)
de Mirador-Moropotente, Nicaragua.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A:
LEONEL PÉREZ MIGUEL

**DIRECTOR: DR. JOSÉ GUADALUPE
PALACIOS VARGAS**



México, D.F 12 de Mayo de 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

Le agradezco al Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, por haberme aceptado en su laboratorio así como haber compartido parte de su tiempo y conocimiento sobre colémbolos. También le agradezco por haberme dado el apoyo de asistente de SNI III del CONACYT, durante la elaboración de este trabajo.

Les agradezco los siguientes integrantes de laboratorio de microartrópodos, a la Dra. Blanquita por enseñarme como empezar a trabajar con estos microartrópodos, a Arturo por aclarar algunas dudas con respecto a la determinación, Monserrat, Isaac y Maira infinitas gracias por haberme soportado en el laboratorio los aprecio un montón.

Una dedicatoria al aracnolab y a todos sus integrantes, gracias por todos consejos que me han dado, así como también cambiar mi manera de ver la biología en general, es muy divertido compartir el tiempo con ustedes y ser parte de este equipo de trabajo.

A mi madre por seguirme soportando hasta la fecha, gracias por fomentar mi intereses hacia a la escuela y la ciencia, agradezco todo el apoyo que me ha brindado también a mi padre y hermano (Te quiero ma).

Gracias a los revisores y jurado por todas sus observaciones y correcciones.

Le agradezco a mis amigos que creyeron que algún día me titularía, ese día ya llegó, gracias por estar ahí y brindarme su apoyo

Índice	Página
.- Resumen	1
.- Introducción	2
.- Antecedentes	4
.- Justificación y Objetivos	9
.- Área de estudio	10
.- Material y Método	12
Resultados	
.- Diagnóstico de familia y listado de especies identificadas	16
.- Estimaciones de riqueza de especies, análisis de estacionalidad y comparación entre tipos de vegetación	23
.- Discusión de resultados	27
.- Conclusiones	30
.- Literatura Citada	31
.- Apéndices	33

Resumen

En el presente trabajo se hizo el estudio de dos muestreos de fauna edáfica, que se llevaron a cabo en Agosto del 2007 y Abril del 2009 en tres tipos de vegetación diferente en Miraflores-Moropotente, Nicaragua. Después de una separación preliminar en la Universidad Autónoma de Barcelona (CREAF), este material trasladó a la UNAM México, D.F; en laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, coordinado por el Dr. José G. Palacios Vargas. Se realizó su separación, cuantificación, montaje, determinación y adicionalmente estimaciones no paramétricas de la diversidad de colémbolos que hay para la zona de estudio, para evaluar el efecto que tiene la fragmentación de paisaje, sobre la biodiversidad de los colémbolos.

Introducción

Descubrir, describir y conocer la biodiversidad, tiene un papel preponderante en la ciencia, más ahora que millones de especies se encuentran amenazadas por la alteración de su hábitat, contaminación, destrucción y otros factores. Datos actuales, reconocen más 1, 700,000 especies entre animales, plantas, hongos y protistas (The World Conservation Union, 2010). Sin embargo, con ayuda de las estimaciones, se calcula un número muy por arriba de éste. Mora *et al.*, (2011) indican que podrían existir cerca de nueve millones de especies, aunque las estimaciones varían en un rango de tres a 100 millones. Las estimaciones también apuntan a que la mayor parte de la biodiversidad se encuentra en las regiones tropicales del planeta (May, 1992).

Los inventarios biológicos con artrópodos son de gran importancia para poder conocer y preservar la biodiversidad del planeta; sin embargo, estos inventarios presentan varios retos como: metodologías para muestrear efectivamente la gran diversidad que se encuentra en un ambiente (Scharff *et al.*, 2003), la falta de revisiones taxonómicas que resuelvan sinonimias y los escasos estudios que hay para diferentes regiones con una alta diversidad (May, 2010), provocan que los estudios que llevan a cabo un inventario faunístico tenga un alto impacto para resolver la problemática que hay con respecto a la falta de descripciones y documentación de especies.

La posición que ocupa Collembola dentro de los artrópodos ha sido bastante cuestionada, sin embargo, Regier *et al.*, (2010), demuestran que Collembola está dentro del clado de Miracrustacea, revelando su parentesco con grupos como Pancrustacea y Altocrustacea, este estudio utilizó 62 genes que codifican proteínas nucleares; los grupos con los que está emparentado Collembola son Diplura, Thysanura y Archaeognatha. El registro fósil de colémbolos se remonta desde del periodo Devónico (aprox. 400 m.a.) y son los animales terrestres conocidos más antiguos (Bellinger *et al.*, 1996-2005). Por lo tanto, es uno de los linajes de artrópodos más exitosos que habitan en el planeta, su distribución geográfica es muy amplia, así como su capacidad de ocupar diversos hábitats; sin embargo, en algunos géneros y sus representantes se observa un notable endemismo, esto es por factores abióticos y bióticos (Palacios-Vargas, 2000).

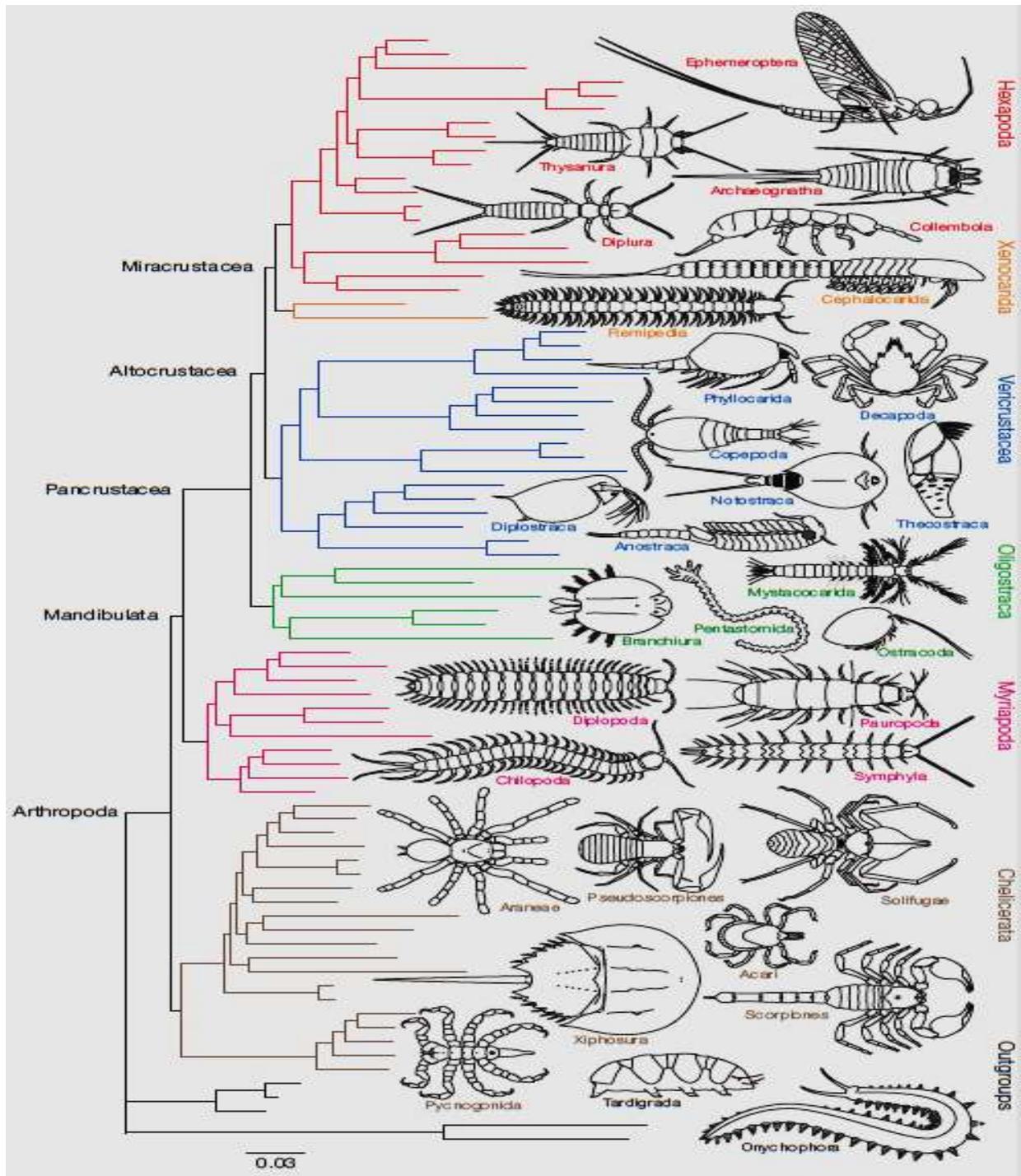


Fig. 1 Filograma de relación de 75 artrópodos dividido en 5 grupos hermanos, tomado Regier *et al.*, 2010

El tamaño de estos organismos va desde 250 micras hasta 10 mm de longitud (Hopkin, 1997). El nombre colémbolo proviene del griego “colla”, que significa pegamento, y “embolon”, que significa pistón o tubo). Lubbock propuso por primera vez el nombre de colémbolo en 1870, para diferenciar estos organismos. Los colémbolos se dividen en cuatro órdenes: Symphypleona, Entomobryomorpha, Poduromorpha y Neelipleona. El número de familias que hay a nivel mundial de acuerdo con Bellinger *et al.*, (1996-2015), es de 34, dos de ellas son fósiles. A nivel mundial se conocen 8,200 especies descritas. La sistemática de las familias de colémbolos, ha tenido modificaciones constantes, como dividirse en subfamilias agrupando géneros o subgéneros; debido a redescrpciones de material tipo y estudios recientes de biología molecular, la taxonomía de los colémbolos ha cambiado mucho en años recientes.

Antecedentes

Morfología

Los colémbolos poseen un exoesqueleto poco esclerotizado, que brinda soporte en el suelo en diferentes hábitats, dicha cutícula por lo general es hidrofóbica por presentar una capa cerosa que le da esta propiedad (Hopkin, 1997). Los apéndices ambulatorios, proporcionan soporte físico para levantar el cuerpo en la mayor parte de los hexápodos (incluyendo a los colémbolos) mantienen la estabilidad colocando sus patas en posiciones que suspendan el cuerpo y mantengan el centro de gravedad abajo. El cuerpo de los colémbolos se divide en tres tagmas: cabeza, tórax y abdomen, además poseen escamas, tricobotrias, sedas y espinas.

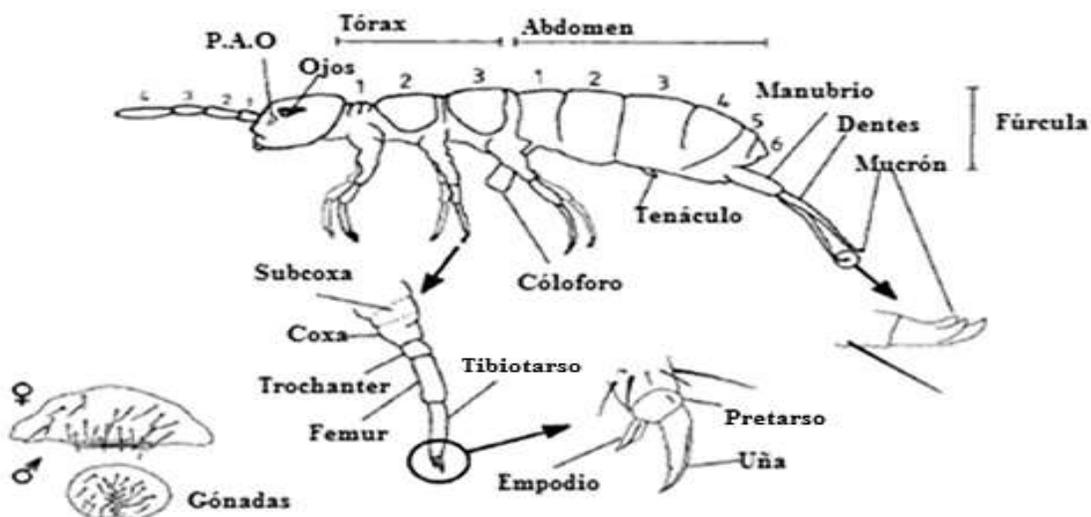


Fig. 2 Morfología general de un colémbolo. Adaptado de Hopkin (1997).

Morfología externa

Cabeza. Esta región presenta un par de antenas con cuatro artejos, cuya función es sensorial ya que con estas estructuras detectan cambios a su alrededor, los colémbolos presentan movimiento independiente en cada uno de los artejos antenales. Algunas familias de colémbolos presentan el O.P.A (órgano post-antenal) cuya función es sensorial y quimiorreceptora, esta estructura le permite detectar cambios en su medio al igual que las antenas y así moverse en su ambiente sin dificultad (**Fig. 2 y 3**). Poseen ocelos, con un máximo de ocho corneolas en ambos lados de la cabeza, estas estructuras sólo distinguen cambios de luz. En especies de cavernas o de suelos profundos han reducido su visión por los hábitos y ambientes en los que se encuentran (Hopkin, 1997). Los colémbolos presentan piezas bucales entognatas, que se ubican, dentro de una cavidad bucal. Sus piezas bucales por lo general son masticadoras, pero algunos pueden tener hábitos alimenticios especializados, como los *Brachystomella* con maxilas cuadradas para romper esporas; muchos Neanuridae tienen mandíbulas y maxilas estiletiformes para alimentarse de los jugos de las hifas fungales y sólo los miembros de *Microgastrura* en la familia Hypogastruridae, tienen piezas bucales adaptadas para picar las hifas y micelos de los hongos (Vázquez y Palacios-Vargas, 1996). Los que viven en litorales marinos como *Isotogastrura* y *Archisotoma* se alimentan de algas y bacterias que filtran con las largas barbillas de sus lamelas maxilares. Con base en lo anterior, la complejidad de estructuras bucales en los colémbolos es de gran importancia taxonómica.

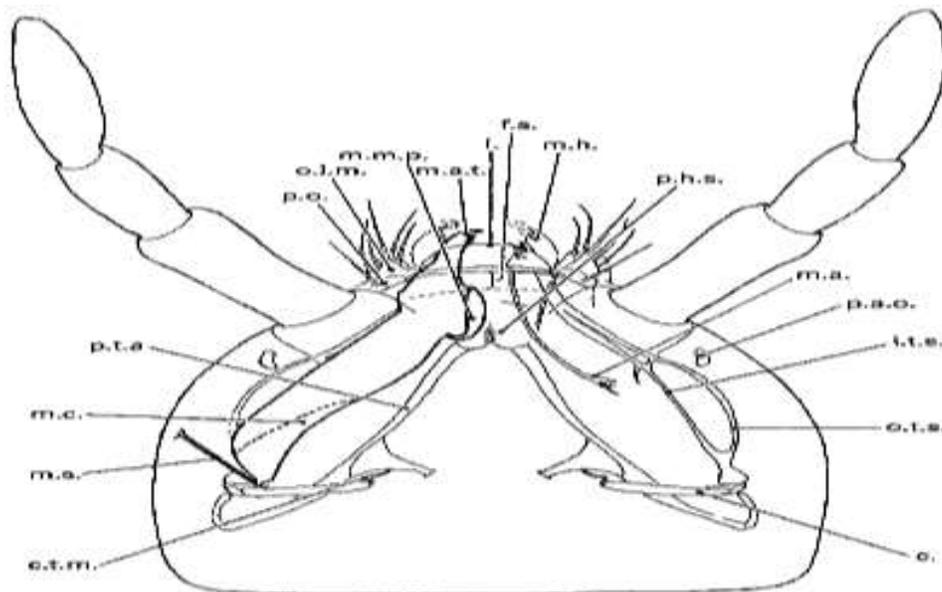


Fig. 3 Esquema de la cabeza de un colémbolo: Posición del órgano postantenal (p.a.o.), Cardo (c.), membrana tentorial cardo-posterior (c.t.m.), esclerito frontal (f.s.), engrosamiento interior de estípites (i.t.s.), labro (l.), maxila de la cabeza apodema (m.a), dientes apicales mandibulares (m.a.t.), cavidad mandibular (m.c.), maxila de la cabeza capitulum (m.h.), placa molar mandibular (m.m.p.), suspensión mandibular (m.s.), lóbulo exterior de maxila o palpo maxilar (o.l.m.), engrosamiento exterior de los estípites (o.t.s.), posición de la hipofaringe y súper linguae (p.h.s.), pliegue bucal (p.o.), tentorio posterior del apodema (p.t.a.). Tomado de Hopkin (1997).

Tórax. Esta parte del cuerpo se conforma por tres segmentos, en cada uno encontramos un par de patas que están divididas en cinco artejos (**Fig. 1**). El tibiatarso de muchos géneros tiene sedas capitadas llamadas “tenent hairs” y la parte final de esta estructura que es el último artejo de la pata, se encuentra dividido en las siguientes estructuras: pretarso, uña y empodio (Hopkin, 1997). La uña y el empodio son estructuras de importancia taxonómica, debido a las formas que pueden presentar en las distintos taxones.

Abdomen. Esta parte del cuerpo puede estar comprimida dorsoventralmente o lateralmente, y tiene seis segmentos. En algunas familias los segmentos abdominales IV-VI pueden fusionarse, siendo difícil su distinción. Varias familias y algunos géneros muestran protuberancias en algún segmento abdominal, lo cual hace que sea una característica distintiva para diferenciarlos. En los segmentos abdominales encontramos sedas y tricobotrias que sirven en la identificación taxonómica ya que sus diferentes arreglos (quetotaxia), permite diferenciar géneros y especies.

Las escamas, tricobotrias y tenent hairs no se encuentran en todas las familias de colémbolos e incluso estas características son usadas para la identificación taxonómica. Todos los colémbolos poseen un tubo ventral o colóforo, situado en posición ventral del primer segmento abdominal, es un tubo pegajoso, que utilizan los colémbolos para adherirse a las superficies en general, además tiene una función en la osmorregulación y el balance hídrico en su ambiente (Cutz-Pool *et al.*, 2012). Esta es una característica para el grupo, otra estructura típica de los colémbolos es un órgano saltador, llamado fúrcula (**Fig. 2**). Se localiza en la parte ventral del cuarto segmento abdominal, y está fijo por una estructura denominada “retináculo” o “tenáculo”, que se encuentra en el tercer segmento abdominal que sirve para sostener a la fúrcula o tenerla preparada para saltar, según el caso. Algunas especies de colémbolos que se encuentran en suelos profundos y en cavernas, han el tamaño el disminuido de fúrcula o incluso carecen de ella quedando sólo vestigios de esta estructura, esto se debe a los hábitos y ambientes donde se encuentran (Cutz-Pool *et al.*, 2012). Con base en todo lo descrito anteriormente los colémbolos tienen una gran complejidad de estructuras que los conforman y que cambia en los distintos taxones.

Morfología interna

Sistema nervioso, respiratorio y circulatorio. El sistema nervioso está formado por un cerebro, collar periesofágico, masa subesofágica y una cadena nerviosa central, compuesta por tres ganglios torácicos (De la Fuente, 1994). No aparecen ganglios abdominales separados, pues se han fusionado los centros nerviosos de esta región con el ganglio metatorácico (**Fig. 4**). La respiración es cutánea en la mayoría de los colémbolos, aunque en algunos, existen tráqueas que se abren al exterior por dos estigmas entre la cabeza y el protórax; como en Sminthuridae, Actaletidae y para el caso de Spinothercidae presenta órganos nucales. Tienen un sistema circulatorio abierto y el corazón llega hasta el cuarto segmento abdominal, normalmente presenta seis pares de ostiolas y carecen de órganos circulatorios especializados que permitan llevar la sangre hacia las antenas (Hopkin, 1997). Los músculos que se encuentran en los colémbolos pueden tener rápidas flexiones para realizar movimientos que les permitan escapar de un depredador, el movimiento en estos organismos tiene un gasto energético alto.

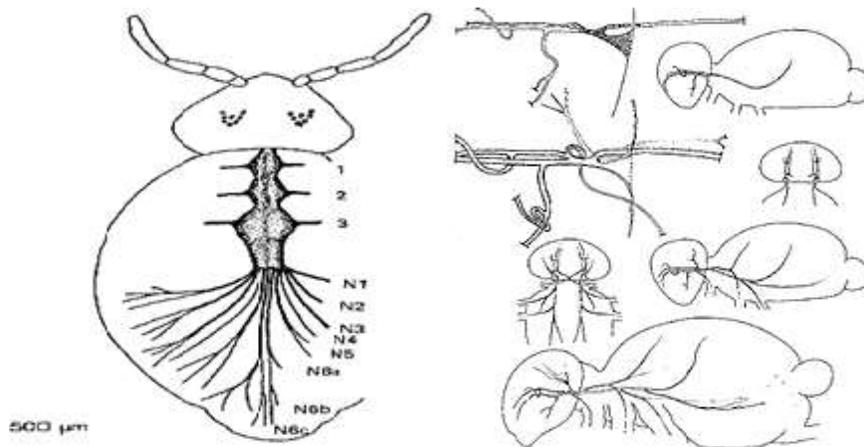


Fig. 4 Sistema Nervioso y respiratorio de *Allacma fusca* (Sminthuridae). Adaptado de Hopkin (1997).

Sistemas digestivo y excretor. Dentro del cuerpo de un colémbolo, encontramos el tubo digestivo que es un simple tubo recto que se extiende desde la boca hasta el ano, poseen glándulas salivares que secretan enzimas que ayudan a la digestión de los alimentos (Hopkin, 1997). El sistema excretor que presentan carece de tubos de Malpighi, por lo tanto, su aparato excretor es celómico, durante la excreción intervienen el mesodeo, el proctodeo y el cuerpo graso. Este último contiene numerosas concreciones de urato amónico que aumentan de tamaño con el tiempo y nunca son eliminadas por el insecto (De la Fuente, 1994).

Sistema reproductor. Poseen un sistema reproductor muy simple (**Fig. 2**) las gónadas consisten en un par de tubos cortos que se unen hasta formar la vagina o el canal de eyaculación según corresponda. Se adopta una posición lateral, a diferencia de otros insectos donde es apical. En los ovarios no existe la distribución en ovariolas. El conducto eyaculador del macho se encuentra modificado para producir un espermátforo, ya que no existe en los machos órganos copuladores, para la transferencia de esperma a la hembra de manera directa, por eso presentan un espermátforo tiene la función de la transferencia del esperma; la gónada masculina se encuentra en el quinto segmento abdominal. Con frecuencia, antes de que se deposite espermátforo, hay un largo cortejo entre macho y hembra. Al término de este cortejo, la hembra coloca su abertura genital sobre el espermátforo para llevar a cabo la fecundación. Los colémbolos son organismos de desarrollo directo, no sufren ninguna metamorfosis, presentan mudas continuas y aumento de tamaño (De la Fuente, 1994).

Ecología

Generalmente los colémbolos generalmente viven en el suelo y la hojarasca, aunque algunas especies se mueven activamente sobre las superficies de la corteza y las flores en la luz del día. Ellos pueden encontrarse en el musgo, bajo rocas, en las cuevas, en los nidos de hormigas y los nidos de termitas, pero también en la zona intermareal de la costa, en las superficies de los lagos y los estanques o los campos de nieve de los glaciares, son organismos cosmopolitas. Estos organismos son un componente principal de los ecosistemas terrestres; en particular son miembros importantes de las comunidades que se encuentran en el suelo. Son considerados detritívoros y tienen importancia en los procesos de degradación, constituye una proporción significativa de la biomasa de los animales y son por lo tanto organismos fáciles de encontrar, esto no siempre se cumple, debido a que hay familias, géneros y especies muy específicas en cuanto a su hábitat Bellinger *et al.* (1996-2015).

En los suelos forestales que pueden alcanzar densidades de 200 a 1,800 individuos por dm^3 , sólo superados por densidades de la población de ácaros en el suelo. Factores abióticos con una limitante en un claro ejemplo, esto se da en algunos miembros de la familia Hypogastruridae, en la que su desarrollo se ve afectado de la siguiente manera, las temperaturas letales son $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, el intervalo de temperatura óptimo es de $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, óptimo higrométrico es la humedad relativa de 98-100 %; el mínimo higrómetro letal es la humedad relativa del 93%.

Esto sucede en diferentes familias, algunas son más tolerantes al cambio de estos factores ya que han desarrollado estrategias para soportar estos cambios en su hábitat (Thibaud, 1970), su alimentación va desde micelios, esporas, bacterias, hasta desechos vegetales, pueden ser microdepredadores de nemátodos, tardígrados y rotíferos (Vázquez y Palacios-Vargas, 1996).

Justificación

Este estudio forma parte de un programa de investigación, para evaluar el efecto de la fragmentación del paisaje sobre la biodiversidad faunística, que se encuentra en el suelo. Se concentró en colémbolos presentes en la superficie del suelo y hojarasca (hemiedáficos) ya que son organismos de importancia biológica para el suelo y el medio ambiente. Se evaluó la fragmentación del paisaje con estimaciones no paramétricas y se contribuye, al conocimiento de la diversidad de colémbolos para Nicaragua.

Objetivos

General

- Evaluar la diversidad de colémbolos hemiedáficos, en dos épocas del año en Mirador-Moropotente, Nicaragua, para tres tipos de vegetación (matorral, carbonal y potrero).

Particulares

- Determinar las diferencias de riqueza y abundancia entre la temporada de sequía y de lluvia.
- Estimar la diversidad de colémbolos en los tres tipos de vegetación y compararlas.

Área de estudio

Descripción de la zona de estudio

El paisaje terrestre protegido Mirafior-Moropotente se encuentra ubicado en la Región Central Norte, y ocupa territorios de los municipios de Estelí y Condega en el Departamento de Estelí, además de San Sebastián de Yalí y La Concordia del Departamento de Jinotega. Las coordenadas geográficas que ocupa el área son: 13° 3' 22" y 13° 7'30" Latitud Norte y 86° 29'15" y 86° 29'50" Longitud Oeste a 25 Km de la ciudad de Estelí (Fig. 5). La extensión del área protegida es de 29,382.16 Ha y su zona de amortiguamiento alcanza una extensión de 17,413.80 Ha, lo que juntas totaliza una superficie de 46,795.86 Ha. En su zonificación el área protegida se encuentra organizada en cuatro paisajes: Paisaje Bosque Deciduo, Bosque Montano, Mesas de Moropotente, Bosque Mixto y la zona de amortiguamiento. En Mirafior-Moropotente se destacan como grandes características físicas las siguientes: Relieve predominantemente montañoso, las microcuencas son estrechas y de pendientes pronunciadas, los suelos tienen una escasa profundidad del suelo.



Fig. 5 Mapa de Mirador-Moropotente, Nicaragua: 13° 3' 22" y 13° 7'30" latitud Norte y 86° 29'15" y 86° 29'50" longitud Oeste a 25 Km de la ciudad de Estelí. La extensión del área protegida es de 29,382.16 Ha

El área de estudio está ubicada en la Provincia Geomorfológica de las tierras altas del interior, la que se caracteriza por ser de relieve bastante irregular, con accidentes topográficos relevantes que varían desde suelos planos hasta fuertemente ondulados con pendientes hasta 75°. En particular, Miraflores comprende la región montañosa del Departamento de Estelí, compuesta de planicies que sirven de base a cerros que oscilan aproximadamente entre 1,000 a más de 1,500 m, entre las planicies, se destacan las Mesas de Moropotente que forman una unidad geográfica con cotas de 1,200 msnm. Una de las elevaciones más pronunciadas es el Cerro Pindo con más de 1,400 msnm. Este estudio se llevó a cabo en la meseta de " Mesas de Moropotente ", en la zona de vida subtropical seco de Nicaragua.

El territorio nicaragüense muestreado está fortísimamente explotado desde los tiempos de Pedrarias de Ávila Gobernante durante 1528-1531. Desde esta época se abrieron las explotaciones ganaderas extensivas causantes del actual paisaje fragmentado del territorio. La parte del parque natural al que pertenecen las Mesas, inmediatamente en un cambio altitud, se albergan bosques de niebla densos, y puede tener una aportación de especies desde allí que incida en la biodiversidad de la zona en la que se recolectó. Los bosques originales han sido transformados por la ganadería y, en la actualidad el 75 % del suelo está cubierto por potreros dominados por *Paspalum notatum* (grama), con manchas dispersas de bosques secundarios y matorrales resultantes de una espontánea sucesión post- pastoreo. Los agricultores también han creado parches de *Acacia pennatula* (carbonales) para proporcionar sombra para el ganado. El clima es muy extremo en las Mesas, con una fuerte sequía y déficit hídrico en los suelos durante la mayor parte de la época de sequía. El origen volcánico de estos suelos, hace que sus arcillas sean muy expansivas, haciendo aparecer grietas en época de sequía, que desaparecen durante las lluvias, pero que generan tremendas tensiones e inestabilidades para la biota que se encuentran generalmente en el suelo (colémbolos). Esto debe de ejercer una fuerte presión selectiva sobre la microfauna edáfica en general.

Material y método

Método de captura. Para colectar a los colémbolos se utilizaron, trampas pitfall o de caída que constituyen un método efectivo de recolección de muestras de los invertebrados que viven en la hojarasca y en la superficie del suelo; dichas trampas están hechas de envases profundos, relativamente pequeños; por ejemplo, vasos, tarros, botellas de plástico, latas, que se colocan en un hoyo en el suelo de manera que la parte superior del envase quede exactamente al ras del suelo. Después se limpia la hojarasca suelta en el punto donde se coloca la trampa. Se utilizan con frecuencia en los trabajos de inventario biológico ya que éstas ofrecen ventajas adicionales: se puede muestrear, de manera simultánea, la macrofauna y parte de la mesofauna, en este caso colémbolos que se encuentran en la superficie del suelo y la hojarasca presente de la zona a muestrear (Moreira *et al.*, 2012). Los muestreos se llevaron a cabo en Agosto del 2007 (época de lluvia) y Abril del 2009 (época de secas). Se escogieron tres zonas de muestreo diferentes (zonas 1, 2 y 3), relativamente alejadas entre sí (y pertenecientes a tres propietarios). En cada una de estas zonas. Se seleccionó un potrero (P), un matorral (M) y un carbonal (C), teniendo nueve parcelas para cada zona. En cada parcela, se colocaron 10 trampas llenas de etanol al 75%, a 10 pasos de distancia entre estas y 10 pasos de distancia del borde de la parcela a muestrear (**Fig. 6**). Las trampas se mantuvieron durante una semana, con un control del alcohol en cada una de ellas para asegurar la efectividad de dicho trapeo.

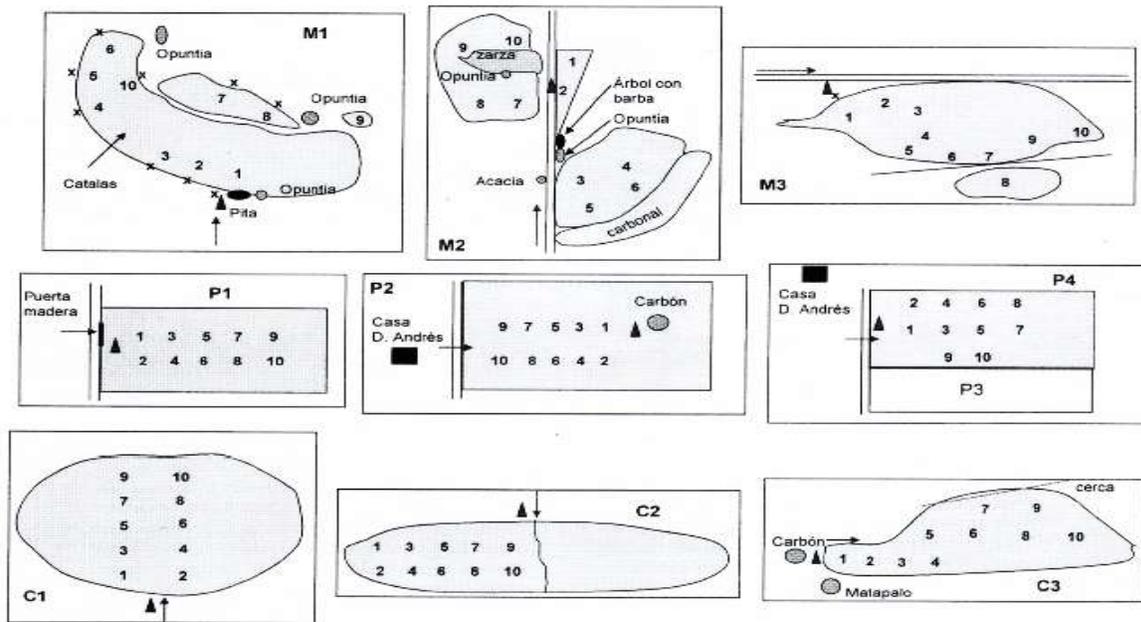


Fig. 6 Mapa de la disposición de las trampas pitfall, en las nueve parcelas muestradas.

Procesamiento de las muestras. Los organismos obtenidos de cada una de las trampas se almacenaron en etanol al 96 % para evitar su descomposición hasta su identificación y separación preliminar en la Universidad Autónoma de Barcelona. Posteriormente los colémbolos obtenidos durante la separación preliminar fueron enviados a México a la Facultad de Ciencias UNAM, aquí se procedió con su cuantificación y separación, seleccionando los colémbolos necesarios para llevar a cabo los respectivos montajes, se realizó esto para el material de época de lluvia y de sequía de Mirafior-Moropotente, Nicaragua.

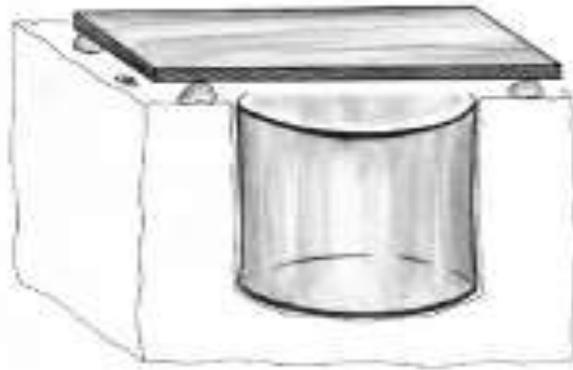


Fig. 7 Esquema de una trampa pitfall. Adaptado de Ubick *et al.*, 2005.

Aclarado. El proceso de aclarado consiste en volver más transparente el tejido muscular de los colémbolos, mediante el lavado y removido de las grasas y pigmentos del cuerpo de los organismos. Greenslade *et al.*, (2008) propusieron que se debe utilizar una solución de KOH 10% durante 1-5 minutos, dependiendo del pigmento y de la grasa del cuerpo de colémbolo. Después de la inmersión en KOH al 10%, se retira el exceso de la sustancia y se transfieren los ejemplares a una solución de lactofenol, durante unos minutos, todo esto es revisado constantemente para evitar el maltrato o deterioro de los organismos sometidos a este proceso de aclarado, cabe destacar que cada proceso que se puede repetir de acuerdo a las necesidades del aclarado de los ejemplares, todo con la finalidad de realizar un aclarado adecuado para el montaje de los ejemplares, y que no se dificulte su identificación. Al terminar este proceso se quita el exceso de lactofenol, evitando maltratar los ejemplares, se procede con el montaje en líquido de Hoyer (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007)

Montaje. No existen métodos totalmente satisfactorios para el montaje (Greenslade *et al.*, 2008). La posición de los especímenes sobre el portaobjetos difiere entre los órdenes para colémbolos: por ejemplo, los colémbolos Poduromorpha se deben colocar en posición dorso-ventral, mientras que para los Entomobryomorpha, Symphypleona y Neelipleona, la posición indicada es lateral. Colocando las estructuras de importancia taxonómica en posiciones que faciliten la observación. Algunos grupos necesitan ser disectados durante el proceso de montaje, con el propósito de identificarlos y su morfología, un ejemplo de esto es la quetotaxia o disposición de sedas; es una forma de organización de las diferentes sedas, que pueden tener una estructura del cuerpo de un colémbolo. En casos especiales debido a la familia o al tamaño del organismo es recomendable hacer una disección para separar la cabeza, patas u otras partes del cuerpo. Las partes diseccionadas del cuerpo en el caso, por ejemplo del orden Entomobryomorpha, deberán colocarse de forma dorso-ventral sobre el portaobjetos, mientras que las partes del cuerpo del orden Symphypleona grandes se montarán de la siguiente manera: cabeza (dorsoventral), abdomen grande (lateral), abdomen pequeño y fúrcula (dorsoventral).

En el caso de especímenes mutilados, se montaron todas las partes del cuerpo en una sola preparación, para que puedan ser identificados adecuadamente. En este caso se utilizó líquido de Hoyer como medio para preservar a los colémbolos realizando montajes semipermanente. Al terminar el montaje se coloca un cubreobjetos pequeño para terminar la preparación, teniendo precaución de no mover nuevamente el ejemplar, que se encuentra sumergido en el líquido de Hoyer. Ya que se ha terminado de montar, se colocan las preparaciones en una estufa aproximadamente a 45 °C, durante 4 a 6 días, esto es con la finalidad de secar el montaje apropiadamente para evitar que se mueva o se desprenda durante la identificación en el microscopio de contraste de fases. Por último se realiza el proceso de etiquetado con datos de la colecta y datos de la determinación taxonómica para cada una de las preparaciones.

Identificación. Una vez realizado los montajes pertinentes, se comenzó a identificar todo el material, utilizando un equipo de microscopía de contraste de fases, para la identificación de los ejemplares al grado de familia se utilizó la clave de Christiansen y Bellinger (1998); terminada la separación por familias, se procedió a identificar a género y morfoespecie.

Listado de especies. Las especies encontradas se organizaron de acuerdo con la clasificación actual de Collembola of the World (Bellinger *et al.*, 1996-2015). Esto fue realizado con la finalidad de no confundir familias, géneros y especies, ya que clasificación de los colémbolos cambia constantemente, también se consultaron descripciones de especies y revisiones de géneros.

Diagnos de familia. Con base en la revisión de bibliografía especializada y en los caracteres observados se realizaron doce diagnosis de familia, también se da un listado de los géneros y especies de que fueron identificados.

Estimaciones no paramétricas. Las estimaciones no paramétricas, son importantes ya que permiten evaluar la riqueza y diversidad que se encuentra en una zona por medio de estimadores que tienen un fundamento matemático (Moreno, 2001). Para utilizar estos estimadores se necesita realizar un muestreo sistemático que permite capturar la riqueza de especies presentes en un determinado lugar y facilita el procesamiento de todos los datos que surgen a partir de un muestreo. Para esto se realizó una base de datos que contiene la identificación taxonómica y la información de colecta. Con esta información se procedió a realizar las estimaciones de riqueza y abundancia Chao 1, Chao 2, ICE y ACE, se utilizó el programa **EstimateS 9.1** (Colwell, 2006). Por último se realiza una comparación entre los distintos tipos de vegetación y estacionalidad (complementariedad) se utilizaran los estimadores Chao-Jaccard y Chao-Sorensen.

Resultados

Diagnos de familia y listado de especies

Orden: Poduromorpha

Neanuridae Börner, 1901

El número de ocelos en esta familia va desde dos hasta los ocho en ambos lados de la cabeza, también presentan un O.P.A formado por un gran número de vesículas y el número o arreglo de estas vesículas es diagnóstico para varios géneros de esta familia Palacios-Vargas *et. al.*, (2000), Esta familia se caracteriza por la ausencia de la placa mandibular, la maxila tiene un largo y delgado cardo entre el estipe y el fulcro, algunos pueden presentar fúrcula desarrollada, vestigial o la ausencia total. También ciertos géneros de la familia poseen tubérculos o protuberancias en el cuerpo como el caso de **Vitranura** y algunos géneros como **Friesea** tienen espinas anales y el número de estas es importante para diferenciar especies; a nivel mundial se conocen 159 géneros y 1459 spp. Checklis of the Collembola of the World (Bellinger *et. al.*, 2014) esta familia se encuentra en varios microhábitats como hojarasca, suelo, debajo de piedras y hasta en litorales.

Subfamilia: **Frieseinae** Massoud, 1967, **Pseudachorutinae** Börner, 1906

Géneros: **Aethiopella** Handschin, 1942, **Arlesia** Handschin, 1942, **Friesea** Von Dalla Torre, 1895, **Neotropiella** Handschin, 1942, **Pseudachorutes** Tullberg, 1871,

Especies: **Aethiopella pilarandresae** Palacios Vargas & Montejó Cruz 2014, **Arlesia sp.1**, **Friesea claviseta** Axelson, 1900, **Friesea magnicornis** Denis, 1931, **Neotropiella sp.1**, **Pseudachorutes ca. difficilis**, **Pseudachorutes ca. nica**, **Pseudachorutes nica** Palacios-Vargas et Mejía-Madrid, 2012, **Pseudachorutes difficilis** Denis, 1931, **Pseudachorutes indiana** Christiansen et Bellinger, 1980, **Pseudachorutes simplex** Maynard, 1951

Brachystomellidae Stach, 1949

Esta familia presenta un O.P.A con pequeños lóbulos, con ocho ocelos a ambos lados de la cabeza. El rasgo más característico de esta familia es la completa ausencia de mandíbulas; presenta maxilas cuadrangulares (Palacios-Vargas, 2000). El tibiotarso de las patas presenta sedas modificadas llamadas tenent hairs (mecanorreceptores). Tienen una fúrcula pequeña y desarrolla que puede estar lamelada. Se conocen 18 géneros a nivel mundial y 131 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015), esta familia está distribuida principalmente en el hemisferio sur el género ***Brachystomella*** es el único cosmopolita y cuenta con 74 especies, algunas están ampliamente distribuidas.

Géneros: ***Brachystomella*** Ågren, 1903, ***Rapoportella*** Ellis *et al.* Bellinger, 1973

Especies: ***Brachystomella baconaoensis*** Gruia, 1983, ***Brachystomella ca. nana***, ***Brachystomella ca. parvula***, ***Brachystomella neomexicana*** (Scott, 1960), ***Brachystomella parvula*** (Schaeffer, 1896), ***Brachystomella stachi*** Mills, 1934, ***Rapoportella lowriei*** Najt, 1984, ***Rapoportella sigwalti*** Najt *et* Palacios-Vargas, 1986

Hypogastruridae Börner, 1906

Esta familia de colémbolos cuenta con un órgano sensorial en el tercer artejo antenal, por lo general presentan un O.P.A, se ubica atrás de la base de las antenas y está formado por varios tubérculos, las estructuras bucales son muy variadas en esta familia por lo general presentan una placa mandibular y las maxilas tienen un cardo recto entre la estipe y el fulcro (Palacios-Vargas 2000). Algunos géneros de la familia carecen de fúrcula, cuando ésta llega a estar presente es muy corta, hay presencia o ausencia de espinas anales en el último segmento abdominal. A nivel mundial esta familia cuenta con 44 géneros y 697 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015). Los miembros de esta familia se encuentran en diversos microhábitats.

Géneros: ***Ceratophysella*** Börner & Brohmer, 1932, ***Schoettella*** Schäffer, 1896, ***Xenylla*** Tullberg, 1869, ***Hypogastrura*** Bourlet, 1839.

Especies: ***Ceratophysella gibbosa*** (Bagnall, 1940), ***Ceratophysella longispina*** (Tullberg, 1877), ***Ceratophysella palustris*** Martynova, 1978, ***Hypogastrura pannosa*** (Macnamara, 1922), ***Schoettella distincta*** (Denis, 1931), ***Schoettella glasgowi*** (Folsom, 1916), ***Schoettella janiae*** Palacios-Vargas, JG, 1979, ***Xenylla humicola*** (Fabricius, 1780), ***Xenylla welchi*** Folsom, 1916,

Odontellidae Massaoud, 1967

Presentan antenas con una pronunciada forma cónica, sus piezas bucales están adaptadas para picar o chupar las hifas de los hongos y estas piezas se encuentran proyectadas en un cono, los primeros cuatro segmentos abdominales no están fusionados, Palacios-Vargas *et al.*, (2000). La fúrcula cuenta con dos lóbulos sobre el mucrón cuando llegan a poseer esta estructura, poseen un cuerpo alargado en general. Su distribución puede ser cosmopolita, sin embargo hay muchas especies restringidas a cierta profundidad de suelo. A nivel mundial se conocen 13 géneros y 135 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Género: ***Superodontella*** Stach, 1949

Especie: ***Superodontella* sp.1**

Orden: Entomobryomorpha

Isotomidae Schäffer, 1896

Las especies de esta familia presentan O.P.A, presentan estructuras bucales desarrolladas, tienen una placa molar en la mandíbula y un pronoto reducido, en la mayoría de la familia todos los segmentos del cuerpo se encuentran separados y se distinguen detalladamente, algunos géneros poseen espinas anales, tienen el cuerpo cubierto por sedas, el mucrón puede presentar de uno a cuatro dientes esta característica que separa algunos géneros de esta familia, en general esta familia tienen características muy variables. A nivel mundial se conocen 110 géneros y 1387 spp. Checklis of the Collembola of the World (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Subfamilias: ***Isotominae*** Schäffer, 1896, ***Anurophorinae*** Börner, 1901, ***Proisotominae*** Stach, 1947

Géneros: ***Cryptopygus*** Willem, 1901, ***Folsomides*** Stach, 1922, ***Proisotoma*** Börner, 1901, ***Pseudoisotoma*** Handschin, 1924

Especies: ***Cryptopygus ca. aqua***, ***Folsomides centralis*** (Denis, 1931), ***Isotoma difficilis*** Folsom, JW, 1937, ***Proisotoma minuta*** (Tullberg, 1871), ***Proisotoma palustroides*** Tullberg, 1871, ***Pseudoisotoma sensibilis*** (Tullberg, 1877)

Entomobryidae Womersley, 1934

Esta es una familia de colémbolos es bastante diversa ya que se encuentra dividida en varias subfamilias, las características que definen a esta familia, son la ausencia de O.P.A, presenta de ocho a cuatro ocelos a cada lado de la cabeza, este número de ocelos varía en los géneros de la familia; la mayoría de los géneros de esta familia presentan escamas, excepto ***Entomobrya***. La forma de dichas escamas es diversa y es diagnóstica para algunos géneros de la familia, la gran variedad de sedas y su posición es importante taxonómica, cuentan con sedas multiciliadas y macrosedas estriadas. Cuentan con una fúrcula desarrollada los taxones de esta familia. A nivel mundial hay 74 géneros y 1754 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Subfamilias: ***Seirinae*** Yosii, 1961, ***Willowsiinae*** Yoshii & Suhardjono, 1989, ***Lepidocyrtinae*** Wahlgren, 1906

Géneros: ***Americabrya*** Mari Mutt &Palacios-Vargas, 1987, ***Lepidocyrtus*** Bourlet, 1839, ***Pseudosinella*** Schäffer, 1897, ***Seira*** Lubbock, J, 1870

Especies: ***Americabrya arida*** (Christiansen et Bellinger, 1980), ***Lepidocyrtus finus*** Christiansen et Bellinger, 1980, ***Pseudosinella orba*** Christiansen, 1960, ***Pseudosinella vita*** Christiansen & Bellinger, 1980, ***Seira purpurea*** Schött, 1891

Paronellidae Börner, 1913

Estos colémbolos poseen un cuerpo cubierto de sedas muy plumosas o ciliadas, gruesas en algunos casos, algunas especies llegan a presentar escamas. El IV segmento abdominal es mucho más largo con respecto al III segmento, el dente presenta una o dos filas de espinas ciliadas por lo general, el mucrón es cónico y corto. Se conocen a nivel mundial 47 géneros y 517 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Subfamilia: **Cyphoderinae** Börner, 1913

Géneros: **Cyphoderus** Nicolet, 1842

Especies: **Cyphoderus similis** Folsom, 1927

Orden: Symphypleona

Sminthurididae Börner, 1906

Esta familia presenta un cuerpo globoso, tiene un dimorfismo sexual muy marcado, ya que los machos presentan antenas fuertemente modificadas para enganchar a la hembra durante el cortejo y el conjunto de sedas y espinas que se hayan en estas estructuras son importantes para la determinación taxonómica, el cuarto artejo antenal se encuentra subdividido, el tamaño que alcanzan las antenas es mayor al de la cabeza; su fúrcula se encuentra completamente desarrollada. A nivel mundial se conocen once géneros y 150 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Géneros: **Sminthurides** Börner, 1900, **Sphaeridia** Linnaniemi, 1912, **Denisiella** Folsom & Mills, 1938

Especies: **Denisiella sp.1**, **Sminthurides globocerus** Folsom & Mills, 1966, **Sphaeridia pumilis** (Krausbauer, 1898)

Katiannidae Börner, 1913

Esta familia de colémbolos pertenece al orden Symphypleona, como característica principal poseen un órgano troncanteral sobre las patas del segmento metatorácico, tienen antenas largas y presenta algunas modificaciones en ellas, poseen sedas de importancia taxonómica en el cuerpo para poder identificar hasta el nivel especie; familia cuenta con 20 géneros a nivel mundial y 207 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015)

Género: ***Sminthurinus*** Börner, 1901

Especies: ***Sminthurinus conchyliaetus*** Snider, 1978

Sminthuridae Lubbock, 1862

Esta familia posee antenas muy largas, el cuarto artejo antenal tienen un gran número de subartejos, el largo total de la antena puede exceder diez veces el largo del cuerpo del colémbolo, ausencia total de O.P.A, a partir del primer segmento abdominal y hasta el cuarto segmento se encuentra fusionados, presenta apéndices subanales. A nivel mundial hay 31 géneros y 249 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Subfamilia: ***Sminthurinae*** Lubbock, 1862

Géneros: ***Sminthurus*** Latreille & Sonnini, 1802, ***Temeritas*** Richards in Delamare, Deboutteville & Massoud, 1963

Especies: ***Sminthurus incisus*** Snider, 1978, ***Temeritas* sp.1**

Bourletiellidae Börner, 1912

La familia Bourletiellidae, se caracteriza por tener subdividido el cuarto artejo antenal, no presenta O.P.A, al final del tibiotarso presentan dos tenent hairs en paralelo que se encuentran modificados (alargados y lamelados), esta es una característica muy importante para diagnosticar a esta familia,

presenta la fusión de algunos segmentos corporales, posee una fúrcula desarrollada y lamelada. A nivel mundial se conocen 39 géneros 293 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Géneros: ***Arlesminthurus*** Bretfeld, 1999, ***Deuterosminthurus*** Börner, 1901, ***Prorastriopes*** Delamare Deboutteville, 1947, ***Rastriopes*** Börner, C, 1906

Especies: ***Arlesminthurus salinensis*** (Arlé, 1971), ***Deuterosminthurus delatorrei*** Palacios-Vargas *et* González, 1995, ***Deuterosminthurus tristani*** Denis, 1933, ***Prorastriopes sp.1***, ***Rastriopes sp.1***

Dicyrtomidae Börner, 1906

Esta familia presenta ocho ocelos a ambos lados de la cabeza, el cuarto artejo antenal está muy segmentado y es siempre menor con respecto a la longitud del tercer artejo (Palacios-Vargas, 2000), el unguis tienen un filamento lamelado, en el mucrón tiene sedas ventrales aserradas, la disposición de estas sedas de importancia taxonómica para separar géneros y especies. Esta familia presenta una distribución amplia; a nivel mundial se conocen ocho géneros y 206 spp. (Bellinger *et al.*, 1996-2015).

Subfamilia: **Ptenothricinae**, Richards, 1968

Género: ***Ptenothrix*** Börner, 1906

Especie: ***Ptenothrix marmorata*** (Packard, 1873)

Estimaciones de riqueza de especies y análisis de estacionalidad

La abundancia total para la época de lluvia fue de 1276 individuos, distribuidos en 12 familias y 32 géneros. En el **cuadro 1**, se presenta la diversidad general para el muestreo realizado en época de lluvia, utilizando estimadores de abundancia e incidencia. Los géneros que mostraron una mayor abundancia son *Aethiopella* (71 ejemplares), *Brachystomella* (159 ejemplares), *Cryptopygus* (36 ejemplares), *Deuterosminthurus* (45 ejemplares), *Folsomides* (27 ejemplares), *Hypogastrura* (32 ejemplares), *Lepidocyrtus* (41 ejemplares), *Prorastriopes* (32 ejemplares), *Pseudachorutes* (227 ejemplares), *Pseudisotoma* (81 ejemplares), *Ptenothrix* (87 ejemplares), *Rastriopes* (35 ejemplares), *Seira* (132 ejemplares), *Sminthurides* (17 ejemplares), *Sminthurus* (43 ejemplares), *Sphaeridia* (249 ejemplares) y *Xenylla* (20 ejemplares).

Estimación de especies para todos los tipos de vegetación	EST	DE	95% LB	95% LA
Muestras	66	0	0	0
Individuos	1423	0	0	0
S (obs)	53	5	43.19	62.81
Singletons	14	0	0	0
Doubletons	4	0	0	0
Uniques	17	0	0	0
Duplicates	3	0	0	0
ACE	72.69	0	0	0
ICE	73.07	0.02	0	0
Chao 1	71.19	13.15	58.1	117.85
Chao 2	86.48	22.9	62.95	165.74
Jack 1	67.74	4.05	0	0
Jack 2	81.36	0	0	0
Bootstrap	57.8	0	0	0

Cuadro. 1 Diversidad de colémbolos para época de lluvia, estimado (EST), Desviación estándar (DE), Limite bajo (LB) y Limite alto (LA).

La abundancia para la de época de sequía fue de 2720 individuos y estos pertenecen a los géneros *Lepidocyrtus* y *Seira* de la familia *Entomobryidae*, no se encontró una gran diversidad de familias, como lo fue para época de lluvia; como se puede observar en el **Cuadro 2**, hay una gran cantidad de individuos, sin embargo la diferencia en riqueza de especies es muy marcada para cada época.

Los estimadores de abundancia e incidencia indican que se tienen entre un 61% a 92% del inventario completo, el porcentaje más bajo proviene de Chao 2, el cual estima 87 especies, para este inventario, sin embargo el número de especies real fue de 53, el porcentaje más alto es proviene del estimador Bootstrap, que indica 58 especies, este estimador es el más cercano al número real de especies para el inventario.

Períodos de muestreo	Lluvia-Agosto 2007	Secas-Abril- 2009
Muestras	66	72
Individuos	1423	2720
Especies (obs)	53	2

Cuadro 2. Abundancia por estacionalidad

El número de singletons presentes para época de lluvias es de 14 sp. (**Apéndice I**) de un total de 53, el porcentaje de singletons que se tiene es 27%, este es muy elevado para un inventario, este elevado número de singletons afecta el comportamiento de las curvas de acumulación de especies, las cuales no presentan una tendencia asintótica, esto nos indica que falta mayor esfuerzo de colecta para poder alcanzar el número de especies que indican los estimadores de riqueza y abundancia, para así poder disminuir el número de singletons presentes para el inventario y completar el inventario con datos más robustos.

	Chao- Jaccard	Chao- Sorensen	Chao- Jaccard-DE	Chao- Sorensen-DE	Especies Compartidas
Carbonales vs Matorral	0.866	0.928	0	0	24
Carbonal vs Potrero	0.892	0.943	0	0	24
Matorral vs Potrero	1	1	0	0	20

Cuadro 3. Comparación entre los tres tipos de vegetación

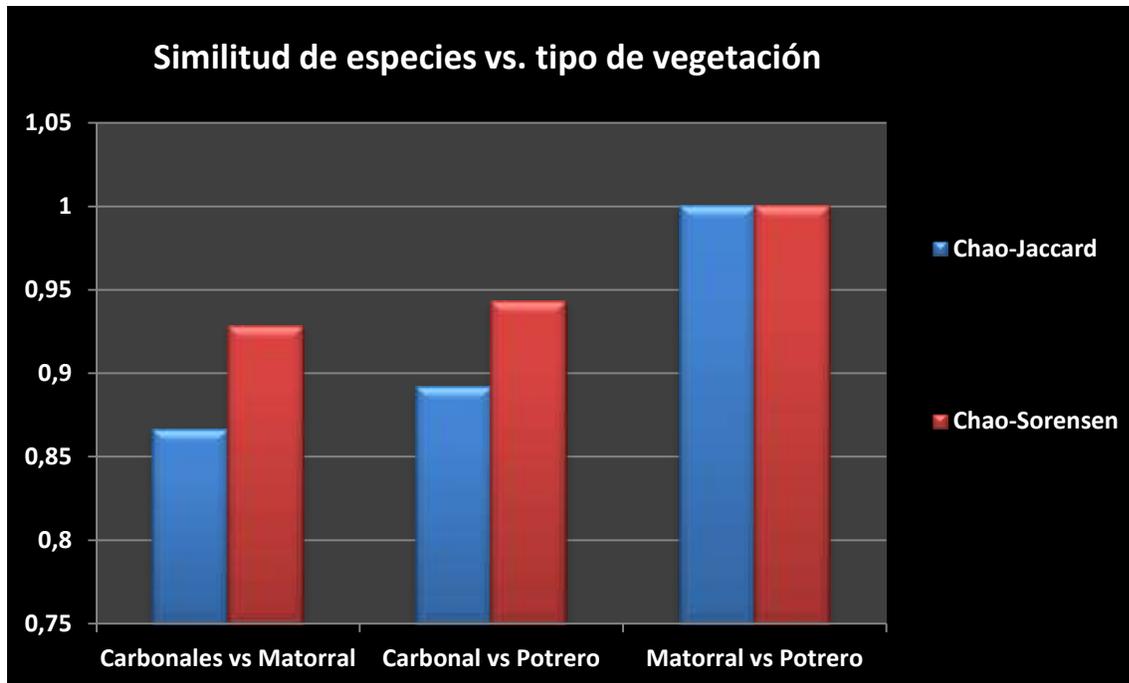


Fig. 8 Comparación entre tipos de vegetación

Los resultados del análisis de comparación entre los tipos de vegetación, muestran diferencias significativas. Potrero y matorral comparte una composición de especies similar, carbonal muestra una diferencia con respecto a matorral y potrero, esto quiere decir que tiene la mayor cantidad de especies raras presentes. La combinación de Chao y Jaccard en un mismo estimador no indica lo siguiente. Nos dan la probabilidad de la especie que no se encontraron en el inventario y estas especies pueda llegar a ser compartidas. La cantidad de especies compartidas entre los tres tipos de vegetación va de 20 a 24 especies **Cuadro 3**.

Si se completara el inventario matorral y potrero tendría las mismas especies compartidas, a diferencias de carbonal con matorral o potrero, La diferencia entre los estimadores de similitud de Sorensen y Jaccard vs Chao-Sorensen y Chao Jaccard es un ajuste matemático que permite evaluar y estimar tanto la similitud como la composición de especies, sin introducir un sesgo por submuestreos, provocando que los estimadores no sean sesgados Chao *et al.*, (2005). Estos estimadores están basados en ausencia y presencia de especies, por lo cual se ven afectados por la rareza de especies presentes en el muestreo, otro factor que consideran estos estimadores es la cantidad de muestras tomadas durante el inventario. Por esta razón se decidió usar los segundos estimadores.

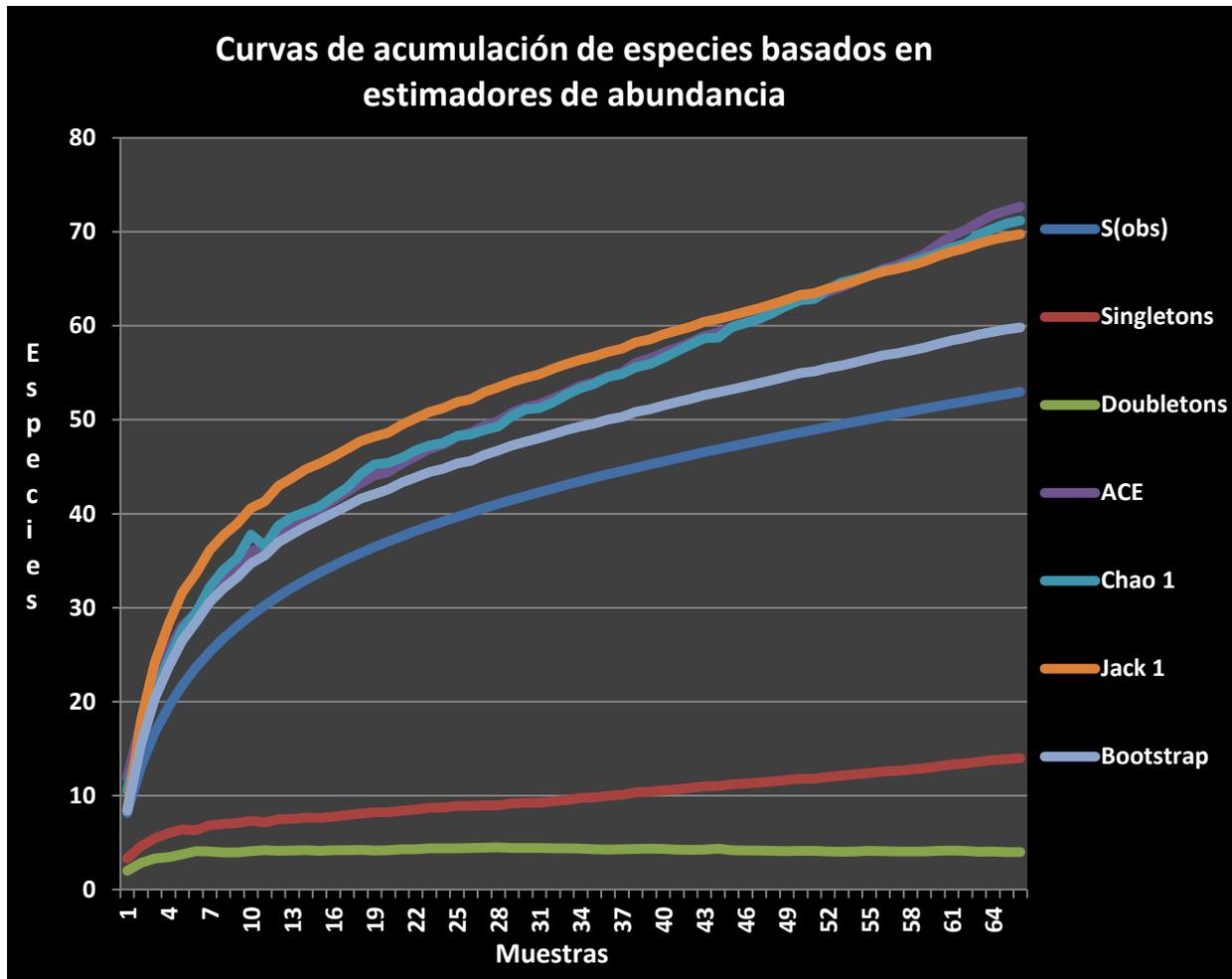


Fig. 9 Curva de acumulación de especies (abundancia)

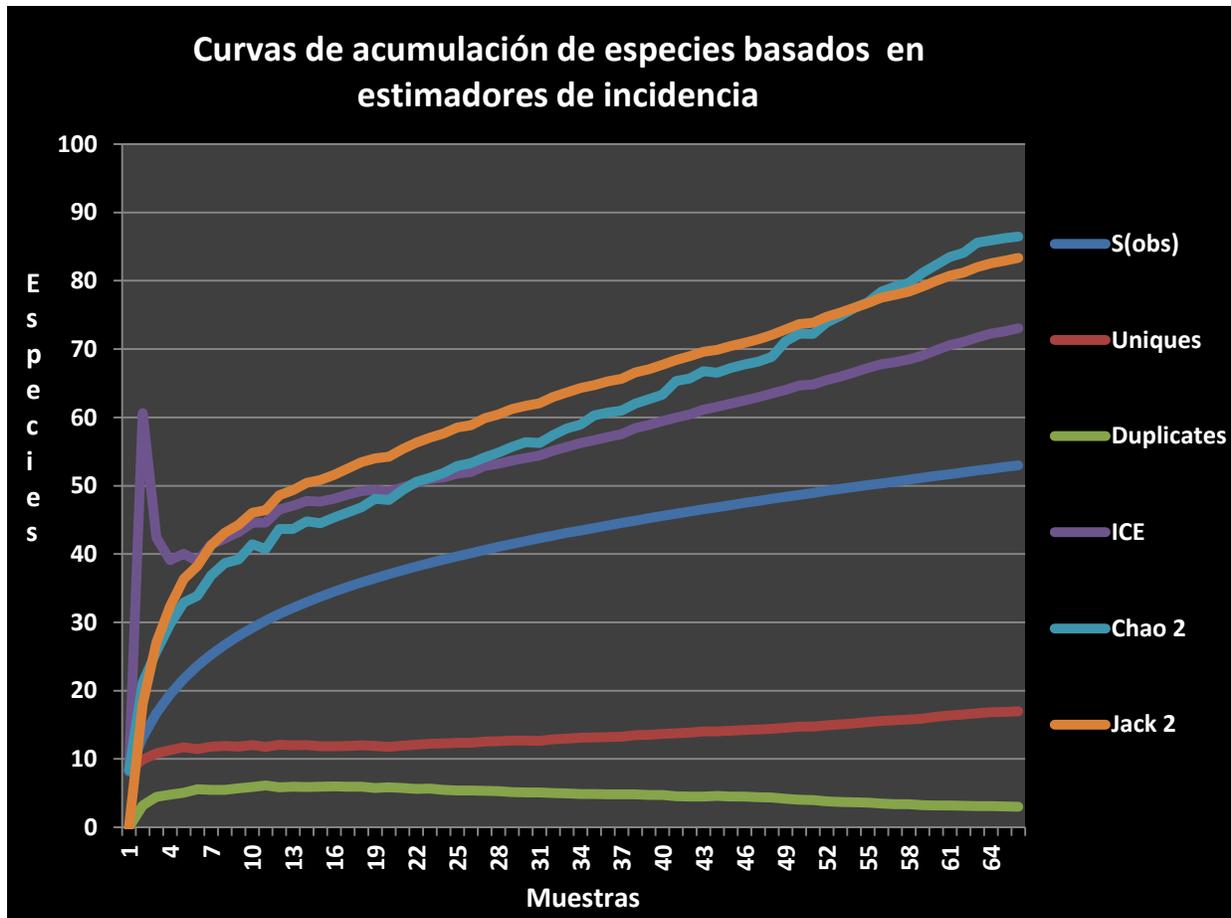


Fig. 10 Curvas de acumulación de especies (incidencia)

Discusión de resultados

La importancia de realizar inventarios biológicos, con métodos comparativos nos permite inferir la riqueza y diversidad de las especies presentes en una determinada zona. Para el caso de este inventario realizado en Nicaragua se encontraron 53 especies, de las cuales pueden ser nuevos registros para Nicaragua Bellinger *et al.* (1996-2015)

En este inventario sólo se utilizaron trampas pitfall como único método de recolecta. Los estimadores de abundancia e incidencia indican que se deberían tener 71 especies para el caso Chao 1 y para el caso de Chao 2, se tendrían 86 especies, el inventario solo cuenta con 53 especies.

Como se mencionó anteriormente en la parte de resultados, el porcentaje de completar el inventario va 61% al 92%, el rango tan amplio de porcentaje se debe a las diferencias que hay entre estimadores, que tienen las curvas de acumulación de especies (**Fig. 9 y 10**) las curvas no presentan un comportamiento asintótico, porque lo que se llega a la conclusión de que falta mayor esfuerzo de muestreo, algunas estrategias para completar el inventario sería aumentar la cantidad trampas pitfall, aplicar más método de colecta o aumentar el área de muestreo. Como se sabe los microartrópodos son grupos difíciles de coleccionar y trabajar por la gran diversidad que se puede encontrar.

La abundancia para época de lluvia fue de 1423 individuos y para época de sequía fue de 2720 individuos **Cuadro 2**; sin embargo la época de lluvia tuvo una mayor riqueza de especies en comparación a época de sequía (dos especies). El fenómeno de estacionalidad es muy marcado ya que la riqueza y abundancia de los colémbolos cambia drásticamente y un ejemplo claro es la presencia de la familia **Entomobryidae** que en ambas épocas del año, sin embargo la abundancia y dominancia que presenta en la época de sequía es impresionante, al ser una familia tan generalista, no tiene problemas para establecerse o verse afectada por cambios de humedad, temperatura y disponibilidad de materia orgánica, la tolerancia a los cambios mencionados es muy grande, esto comparada con otras familias de colémbolos como **Hypogastruridae**, **Neanuridae**, **Isotomidae** y otras que solo estuvieron presentes en época de lluvia, muestran ser susceptibles al estrés hídrico y otros cambios en los factores que dominan en su microhábitat y los pueden limitar. Una vez que se compararon los tres tipos de vegetación muestreados se encontraron diferencias significativas, para el caso de potrero comparado con matorral y carbonal en número de especies únicas presentes (singletons) es mayor, potrero tienen la menor cantidad de especies raras.

Un trabajo que nos permite saber un panorama general de las especies que están presentes en Nicaragua, es un catálogo que realizó Palacios-Vargas *et. al.*, (1988), en donde menciona 43 especies de colémbolos para este país. El número de géneros presentes para ambos trabajos es de 13, sin embargo solo se pueden confirmar tres especies, esto fue debido a que algunas de las especies que se mencionan en el catálogo de 1988, solo están determinadas al grado de morfoespecie y no se tiene acceso al material que fue utilizado para el catálogo de 1998 y poder identificarlo nuevamente para así ver realmente el número de especies que se presentaron en ambos trabajos.

Géneros	Especies, Nicaragua 1988	Especies, Nicaragua 2007-2009
<i>Americabrya</i>	1	1
<i>Brachystomella</i>	1	6
<i>Cryptopygus</i>	1	1
<i>Cyphoderus</i>	1	1
<i>Folsomides</i>	1	1
<i>Lepidocyrtus</i>	2	1
<i>Proisotoma</i>	1	2
<i>Pseudosinella</i>	1	2
<i>Seira</i>	2	1
<i>Sminthurides</i>	1	1
<i>Sminthurus</i>	1	1
<i>Sphaeridia</i>	1	1
<i>Xenylla</i>	1	2

Cuadro 4. Comparación entre géneros y especies presentes en Nicaragua

Esto nos da un panorama general de la diversidad que se encuentra en este país; sin embargo la falta de información, así como los escasos inventarios biológicos, indica que hay que sumar esfuerzos para describir y conocer la diversidad de colémbolos que se encuentra en Nicaragua. Por último la fragmentación de paisaje, así como la heterogeneidad de las vegetaciones presente en la zona de estudio Mirador-Moropotente es un factor que influye en la distribución y establecimiento de diferentes grupos de artrópodos (colémbolos), esto se ve reflejado en la riqueza de especies y abundancia que se tuvieron para el presente trabajo.

Conclusiones

- Con base en toda la información taxonómica, geográfica y de campo, se tienen nuevos 20 registros para Nicaragua.
- El análisis de estacionalidad, indica que hay una diferencia entre las riqueza de especies para cada época en la que se muestreó, mostrando así que época de lluvia tiene la mayor cantidad de familias, géneros y especies para el inventario.
- Se identificaron 53 especies y los análisis de riqueza con base en los estimadores de abundancia e incidencia nos indican que tenemos de 61% a 92% del inventario completo para la zona de muestreo, para completar el inventario y disminuir la cantidad de singletons (14), se necesitaría aumentar el área a muestrear, colocar mayor cantidad de trampas pitfall o aplicar otros métodos de colecta para estabilizar las curvas de acumulación de especies y así llegar a una asíntota.
- Los diferentes tipos de vegetación así como su fragmentación influyen en la distribución de las especies presente para este estudio, como se mencionó anteriormente potrero tiene una composición más homogénea en cuanto a diversidad de especies a diferencia de los otros dos tipos de vegetación.
- La fragmentación del paisaje influye en la presencia de las especies que pueden llegar a establecerse en una determinada zona, para este caso esto se confirma con los análisis de riqueza y estacionalidad realizados para este trabajo.

Literatura citada

Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. y Janssens, F. 1996-2015. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.

Christiansen, K.A. y Bellinger, P.F. 1998. *The Collembola of North America North of the Rio Grande, A taxonomic analysis*, Grinnell College, Iowa, 1-1520.

Chao, A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell y T.-J. Shen. 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8:148-159.

Colwell, R. K. 2006 'EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from sample; Version 8 User's Guide and Application', <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Cutz-Pool, L. Q. y Vázquez-González, M. M. 2012. Colémbolos (Hexapoda:Collembola): pequeños artrópodos abundantes y diversos en Quintana Roo, México. *Dugesiana*, 19(2):105-111.

De la Fuente, J.A. 1994. *Zoología de artrópodos*. Interamericana Mc Graw-Hill. Madrid. 25-55.

Greenslade, P., Deharveng, L., Bedos, A & Suhardjono, Y. R. 2008. *Handbook to Collembola of Indonesia*, Fauna Malesiana, Brill, Leiden, 1-350.

Hopkin, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 1-330.

May, R. 1992. How many species inhabit the earth? *Scientific Americana*, 10:18-24.

Mora, C., Tittensor, D., Adl, S., Simpson, A. y Worm, B. 2011. How many species are there in the earth and ocean? *PLOS Biology*. 9, 8:1-6.

Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA*, México, 1: 1-84.

Moreira, F., Huising E. J. y Bignell, D. E. 2012. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, México, 149-160.

Palacios-Vargas, J.G. 2000. Los colémbolos en los ecosistemas mexicanos. *CONABIO. Biodiversitas*, 29:12-15.

Palacios-Vargas, J.G. y Maes. J. M. 1988. Catálogo de los Insecta Apterygota de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 4: 1-17.

Palacios-Vargas J.G. y Mejía-Madrid H.H. 2012. A new *Pseudachorutes* (Collembola, Neanuridae, Pseudachorutinae) from Nicaragua. *ZooKeys* 187: 63–69.

Palacios-Vargas, J.G. y Mejía-Recamier B.E. 2007. Técnicas de colecta montaje y preservación de Microartrópodos Edáficos. Las Prensas de Ciencias, Fac. Ciencias, UNAM 74pp.

Palacios-Vargas, J.G. y Montejo Cruz M. 2014. A new species of *Aethiopella* (Collembola: Neanuridae) from Nicaragua *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1038-1042

Regier, C., Shultz W., Zwick A., Hussey A., Ball B., Wetzer R. Martin W y Cunningham W. 2010 Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature* 463, 1079-1083

Scharff, N., Coddington, J., Griswold, C., Hormiga, G. y Bjorn, P. 2003. When to quit Estimating spider species richness in a northern European deciduous forest. *Journal of Aracnology*, 31: 246-273

IUCN. 2010The World Conservation Union. Red List of Threatened Species. Sumary Statistics for Globally Threatened Species.

Thibaud, J.M. 1970. Biologie et écologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles., *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Nouvelle Série, Série A, Zoologie, 61 (3): 83-201.

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P. y Dupérré, N. 2005. *Spiders of North America: and identification manual*. American Arachnological Society, EUA. 9-11.

Vázquez, M. M. y Palacios-Vargas J. G. 1996. Two new Mexican species of *Microgastrura* (Collembola: Hypogastruridae) associated with mushrooms. *Folia Entomológica Mexicana*, 98:59-65.

Apéndices

Apéndice I Familias, especies y número de ejemplares para cada época

Familia	Especies	Lluvia	Secas
Bourletiellidae	<i>Arlesminthurus salinensis</i>	1	0
	<i>Deuterostminthurus delatorrei</i>	43	0
	<i>Deuterostminthurus tristani</i>	2	0
	<i>Prorastriopes</i> sp.1	32	0
	<i>Rastriopes</i> sp.1	35	0
Brachystomellidae	<i>Brachystomella baconaoensis</i>	1	0
	<i>Brachystomella ca. nana</i>	1	0
	<i>Brachystomella ca. parvula</i>	2	0
	<i>Brachystomella neomexicana</i>	32	0
	<i>Brachystomella parvula</i>	21	0
	<i>Brachystomella stachi</i>	102	0
	<i>Rapoportella lowriei</i>	12	0
	<i>Rapoportella sigwalti</i>	1	0
Dicyrtomidae	<i>Ptenothrix marmorata</i>	88	0
Entomobryidae	<i>Americabrya arida</i>	1	0
	<i>Lepidocyrtus finus</i>	41	207
	<i>Pseudosinella orba</i>	5	0
	<i>Pseudosinella vita</i>	5	0
	<i>Seira purpurea</i>	132	251
Hypogastruridae	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	2	0
	<i>Ceratophysella longispina</i>	4	0
	<i>Ceratophysella palustris</i>	10	0
	<i>Hypogastrura pannosa</i>	32	0
	<i>Schoettella distincta</i>	2	0
	<i>Schoettella glasgowi</i>	5	0
	<i>Schoettella janiae</i>	1	0
	<i>Xenylla humicola</i>	1	0
	<i>Xenylla welchi</i>	19	0
Isotomidae	<i>Cryptopygus ca. aqua</i>	21	0
	<i>Folsomides centralis</i>	27	0
	<i>Proisotoma minuta</i>	11	0
	<i>Proisotoma palustroides</i>	5	0
	<i>Isotoma difficilis</i>	7	0
	<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	81	0
Katiannidae	<i>Sminthurinus conchyliatus</i>	5	0
Neanuridae	<i>Aethiopella pilarandresae</i>	71	0

	<i>Arlesia</i> sp.1	1	0
	<i>Friesea claviseta</i>	10	0
	<i>Friesea magnicornis</i>	1	0
	<i>Neotropiella</i> sp.1	3	0
	<i>Pseudachorutes ca. difficilis</i>	1	0
	<i>Pseudachorutes ca. nica</i>	1	0
	<i>Pseudachorutes difficilis</i>	34	0
	<i>Pseudachorutes indiana</i>	13	0
	<i>Pseudachorutes nica</i>	146	0
	<i>Pseudachorutes simplex</i>	31	0
Odontellidae	<i>Superodontella</i> sp.1	1	0
Paronellidae	<i>Cyphoderus similis</i>	15	0
Sminthuridae	<i>Sminthurus incisus</i>	43	0
Sminthurididae	<i>Denisiella</i> sp.1	1	0
	<i>Sminthurides globocerus</i>	11	0
	<i>Sphaeridia pumilis</i>	249	0
Total general		1423	2720

Apéndice II Número de ejemplares por tipo de vegetación

<i>Especies</i>	Carbonales	Matorral	Pastos	Total
<i>Aethiopella pilarandresae</i>	33	37	1	71
<i>Americabrya arida</i>	0	1	0	1
<i>Arlesia sp.1</i>	1	0	0	1
<i>Arlesminthurus salinensis</i>	0	0	1	1
<i>Brachystomella baconaoensis</i>	1	0	0	1
<i>Brachystomella ca. nana</i>	1	0	0	1
<i>Brachystomella ca. parvula</i>	1	0	1	2
<i>Brachystomella neomexicana</i>	22	6	4	32
<i>Brachystomella parvula</i>	20	1	0	21
<i>Brachystomella stachi</i>	55	10	37	102
<i>Ceratophysella gibbosa</i>	2	0	0	2
<i>Ceratophysella longispina</i>	4	0	0	4
<i>Ceratophysella palustris</i>	10	0	0	10
<i>Cryptopygus ca. aqua</i>	20	0	1	21
<i>Cyphoderus similis</i>	3	12	0	15
<i>Denisiella sp.1</i>	0	1	0	1
<i>Deuterosminthurus delatorrei</i>	3	15	25	43
<i>Deuterosminthurus tristani</i>	2	0	0	2
<i>Folsomides centralis</i>	9	2	16	27
<i>Friesea claviseta</i>	10	0	0	10
<i>Friesea magnicornis</i>	1	0	0	1
<i>Hypogastrura pannosa</i>	6	0	26	32
<i>Isotoma difficilis</i>	6	0	1	7
<i>Lepidocyrtus finus</i>	22	18	1	41
<i>Neotropiella sp.1</i>	1	2	0	3
<i>Proisotoma minuta</i>	2	1	8	11
<i>Proisotoma palustroides</i>	0	1	4	5
<i>Prorastriopes sp.1</i>	2	1	29	32
<i>Pseudachorutes ca. difficilis</i>	0	1	0	1
<i>Pseudachorutes ca. nica</i>	1	0	0	1
<i>Pseudachorutes difficilis</i>	16	10	8	34
<i>Pseudachorutes indiana</i>	7	6	0	13
<i>Pseudachorutes nica</i>	66	75	5	146
<i>Pseudachorutes simplex</i>	8	16	7	31
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	27	15	39	81
<i>Pseudosinella orba</i>	2	2	1	5
<i>Pseudosinella vita</i>	2	3	0	5
<i>Ptenothrix marmorata</i>	45	40	3	88

<i>Rapoportella lowriei</i>	0	12	0	12
<i>Rapoportella sigwalti</i>	0	1	0	1
<i>Rastriopes</i> sp.1	0	1	34	35
<i>Schoettella distincta</i>	2	0	0	2
<i>Schoettella glasgowi</i>	3	0	2	5
<i>Schoettella janiae</i>	1	0	0	1
<i>Seira purpurea</i>	46	49	37	132
<i>Sminthurides globocerus</i>	2	0	9	11
<i>Sminthurinus conchylatus</i>	2	1	2	5
<i>Sminthurus incisus</i>	9	6	28	43
<i>Sphaeridia pumilis</i>	73	139	37	249
<i>Superodontella</i> sp.1	0	1	0	1
<i>Temeritas</i> sp.1	0	0	1	1
<i>Xenylla humicola</i>	0	1	0	1
<i>Xenylla welchi</i>	12	4	3	19
Total general	561	491	371	1423