



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

IMPACTO DE ALGUNAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS
(ROZA-TUMBA- QUEMA) SOBRE LA COMPOSICIÓN EDÁFICA
DE LAS COMUNIDADES DE COLLEMBOLA (INSECTA:
APTERYGOTA) EN CALAKMUL, CAMPECHE.

TESIS RECEPCIONAL
Para obtener el grado de

INGENIERO AMBIENTAL

Presenta
RAQUEL TUN OSORIO

Director de Tesis
Dra. María Magdalena Vázquez González.

2005

Ø49691



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Ciencias e Ingeniería

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ

Director: *Dra. María Magdalena Vázquez González*
Dra. María Magdalena Vázquez González.

Asesor: *Juan Carlos Ávila Reveles*
M.C. Juan Carlos Ávila Reveles

Asesor: *César Cristóbal Escalante*
M.C. César Cristóbal Escalante.

Chetumal, Quintana Roo, México, Agosto de 2005.

RECONOCIMIENTOS.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Microartrópodos Edáficos, en la Universidad de Quintana Roo, bajo la dirección de la Dra. Ma. Magdalena Vázquez Gonzáles. Agradezco a la Dra. Vázquez su valiosa ayuda y orientación, quién siempre estuvo al tanto de mi trabajo en el laboratorio y en el campo, por su infinita paciencia, enseñanzas y apoyo... Gracias.

Agradezco al M. en C. Juan Carlos Ávila Reveles y al M. en C. Cesar Cristobal Escalante, por la revisión y asesoría recibida.

A todos mis compañeros y maestros que me han motivado en todo momento por su apoyo y valiosa ayuda, así como por las muestras de afecto y amistad que me brindaron.

CON DEDICATORIA A...

A mis padres *Eloy Tun Dzib* y *Ada Smirna Osorio Huss*, a los cuales quiero mucho y me han enseñado el camino de la rectitud, la honestidad y la lucha constante de superación; que siempre han estado conmigo en todo momento, gracias por el apoyo.

A mis hermanos *Isaías, Elías, Josué y Eloy* que me han apoyado y brindado amor y cariño en cada momento, que se encargan de recordarme que siempre hay que seguir adelante.

A mi muy querida hermana *Ada Jocabeth* que toda la vida ha ido de la mano conmigo brindándome amor, cariño y apoyo, que me solapa siempre y se encarga de velar por mí.

A mis sobrinos que quiero muchísimo *Adrián, Agustín, William y Jonathan (†)* para ejemplo de ellos y que siempre sean mejores cada día.

Y sin olvidarme de mis primas *Lizbeth, Milka, Viviana y Ahmida...*

A *Dios* que me dio la fortaleza, tranquilidad y la alegría de seguir viviendo...

RESUMEN.

Se presentan los resultados de un estudio efectuado en tres diferentes sitios de Calakmul, Campeche, para evaluar el impacto ocasionado sobre la fauna de Colémbolos por la practica de la roza tumba y quema.

En este trabajo se presentan datos originales de la investigación que se llevó a cabo en dos sitios de la Reserva de la Biosfera de Calakmul y uno en Xpujil; ambos pertenecientes a Campeche, durante diez meses.

Los resultados muestran el gran impacto que se ocasiona sobre la composición y riqueza de la fauna edáfica. Se estudió en especial a los colémbolos, grupo de la fauna edáfica más sensible a cambios ambientales.

También se presentan datos muy interesantes sobre la alteración de la composición físico-química del suelo y como estos cambios están muy relacionados e influyen con la composición biológica del suelo.

ÍNDICE.

	Pág.
I. Introducción	1
II. Antecedentes.	3
III. Área de estudio.	6
3.1 Característica Generales	6
3.2 Características Físicas	9
3.2.1 Relieve	9
3.2.2 Geología	9
3.2.3 Suelos	10
3.2.4 Hidrología	11
3.2.5 Clima	12
3.2.6 Precipitación	14
3.3 Características biológicas	15
3.3.1 Biodiversidad vegetal y animal.	15
3.3.2 Vegetación	16
3.3.3 Fauna	17
IV. Importancia y presencia de colémbolos en ecosistemas edáficos.	20
4.1 Agricultura tradicional: Roza-Tumba –Quema	23
4.2 Efectos del fuego en el suelo.	24
V. Objetivos	26
VI. Hipótesis	27
VII. Metodología	28
7.1 Extracción de organismos edáficos.	28
7.2 Separación y cuantificación	28
7.3 Preparaciones Permanentes	29
7.4 Índice de diversidad de Shanon- Winner	30
7.5 Análisis de Suelos	31
VIII. Resultados.	33
IX. Discusión	57
X. Conclusiones	59
XI. Referencias bibliográficas	62

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un ecosistema muy importante y complejo, en el cual los organismos que viven en él dependen de los factores bióticos y abióticos. Es en su superficie donde ocurren procesos importantes tales como: descomposición de la materia orgánica y liberación de nutrientes, los cuales absorben las plantas, que posteriormente consumirán los animales y después regresarán al suelo llevándose a cabo el ciclo de nutrientes. (Castañeda, et al, 2001)

En la mayoría de los ecosistemas hay mayor diversidad de organismos edáficos en el estrato que contiene mayor cantidad de nutrientes que en las capas superficiales (hojarasca). Solo en unas paladas de suelo forestal puede haber hasta 1000 especies de diferentes grupos (Hill, 1992). El suelo es un hábitat importante donde podemos encontrar ácaros, isópodos y colémbolos, entre muchos otros. Estos organismos participan en los procesos de reciclaje de materia orgánica, en la descomposición de los tejidos e interactúan con la microflora. (Clementent y Haq, 1984)

La erosión, los incendios, las inundaciones, la compactación del suelo y la deposición de una gran cantidad de contaminantes, así como otras actividades antropogénicas afectan directa e indirectamente a los organismos del suelo.

La diversidad de organismos edáficos, depende de múltiples factores bióticos y abióticos. Entre los factores que influyen sobre las actividades biológicas de cada uno de ellos, podemos mencionar; temperatura, radiación, aireación, nutrientes, materia orgánica, pH y humedad. Los microartrópodos al igual que cualquier ser vivo, son susceptibles a las modificaciones negativas de su medio natural y reaccionan rápidamente a cambios ambientales. (Castañeda, et al,2001)

El tipo de humus que existe en un lugar, su formación e incorporación al suelo, esta determinado en gran medida por el tipo de fauna que lo habita y por supuesto, las características del suelo así como el tipo de vegetación, la humedad y la temperatura, etc.

Estos factores permitirán o no el establecimiento de ciertos grupos de animales criptozoicos. (Palacios-Vargas, J. G. 1983)

Los Insectos Apterygota son un grupo poco conocido entre la fauna de muchas regiones, debido en primer lugar, a la poca atención que normalmente se presta a los biotopos que ocupan estos insectos; en segundo lugar, al pequeño tamaño que tienen estos organismos y las técnicas particulares para su colecta. (Palacios-Vargas y Maes, 1985)

El conocimiento de los colémbolos en México es fragmentario, incipiente y en ocasiones confuso. Sin embargo trabajos efectuados por Palacios-Vargas (1981) Palacios-Vargas et.al (1980, 1983, 1985), y otros autores como Ardanaz et.al (1986), Vázquez (2004) etc. Han contribuido al conocimiento de estos grupos en México. Los organismos que se encuentran en el suelo ayudan directa e indirectamente a la formación del mismo, ya que descomponen e incorporan la materia orgánica. Muchos grupos de colémbolos son importantes en la aireación; otros al alimentarse del detritus vegetal, previamente triturado, permiten que durante el pasaje por el tubo digestivo de ellos, las bacterias y los hongos actúen sobre ellos más efectivamente. (Palacios-Vargas, J. G. 1983)

II. ANTECEDENTES

Burges y Raw (1971) resaltan la importancia de los colémbolos como formadores de humus, sobre todo en el ciclo de la quitina en el suelo, porque poseen la bacteria, *Bacillus* sp. en su tracto digestivo, lo que los capacita para digerir la quitina que ingieren de sus propias mudas así como la de otros artrópodos.

Algunas especies de colémbolos han sido registradas como plagas, por ejemplo *Sminthurus viridis* que se encuentra en Europa, África, Australia y América del Sur se alimentan de hojas frescas de alfalfa y trébol, de origen europeo, esta especie ha sido introducida por el hombre en casi todas las regiones del mundo, mientras que *Bourletiella arvalis* fue citada de Chapingo, México, como plaga del tomate por Coronado y Márquez (1972).

Los colémbolos a pesar de que numéricamente son un grupo de elevada proporción dentro de la microfauna, constituyen una pequeña parte de la biomasa total. Sin embargo hay suelos donde desempeñan un papel importante en el metabolismo general. Macfayen en Palacios Vargas (1983) da un ejemplo de un prado donde ellos constituyen el 6.4% de la biomasa total y el 15.2 del metabolismo total en calorías.

Algunos autores piensan que el parámetro más importante que influye en su distribución es la humedad del suelo. Se ha probado que los cambios en las poblaciones están determinados por factores físicos que producen cambios en el contenido hídrico del hábitat; por eso; la composición de especies en las comunidades puede estar relacionada con él y así se hace más factible emplearlos como indicadores de condiciones de suelo. (Palacios-Vargas, J. G. 1983)

Ponge (1980) ha utilizado especies y subespecies de colémbolos como indicadores de vicariancia ecológica y Gisin (1955) proporciona resultados de los colémbolos como indicadores del potencial agrícola del suelo.

El estudio de los colémbolos en México comienza con el trabajo de Schott (1896) quien registra y describe varias especies de Baja California. Poco después Folsom (1898) describe *Seira mexicana* con ejemplares colectados en los alrededores de la ciudad de México.

Palacios Vargas (1983); cita que en 1911, Silvestri describe *Paracyphoderus dimorphicus* con ejemplares encontrados en nidos de *Trigona sp.* en Jalapa, Ver.

Delamare-Deboutteville (1950,1951) hace un estudio en los Tuxtlas, Veracruz de los colémbolos que se encuentran en lo que él llama "suelos suspendidos", es decir la tierra que se encuentra en las plantas epífitas y ramas de los árboles, menciona haber encontrado en *Aechmea bracteata* ejemplares pertenecientes a *Seira (Entomobrydae)* e *Isotomurus (Isotomidae)*.

De la Cueva de Ocotitlán o Cueva del Diablo, en el municipio de Tepoztlán, Morelos, Hoffmann et al. (1980) citan las especies *Mesaphorura krausbaueri*, *Folsomia candida*, *Schaefferia guerrerensis* y *Pseudosinella sp. Nov.* Posteriormente en el trabajo sobre los colémbolos cavernícolas del Estado de Morelos (Palacios-Vargas, 1980) se citan un total de 18 especies de cinco cuevas de este estado. También se realizó un estudio de las características adaptativas que presentan los colémbolos de las cuevas de Morelos, para vivir en este hábitat. Como resultado se obtuvo que de las 18 especies encontradas, cinco son troglóxenas, siete epigeomorfas y seis ambimorfas. (Palacios-Vargas, 1981).

De los estudios que se han realizado en las selvas tropicales del estado de Quintana Roo, en especial de la selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Q.Roo se dieron a conocer 79 especies de Collembola de las cuales en su momento constituyeron el primer registro de las especies citadas para Quintana Roo y para la Península de Yucatán. Estos estudios permitieron además enriquecer el conocimiento de los Colémbolos en México en un 20%. (Vázquez y Palacios-Vargas, 2004)

En un estudio realizado sobre Collembola: Hypogastruridae asociadas a hongos se describen dos nuevas especies de *Microgastrura* Stach, 1922; una asociada con hongos de la estación biológica de la selva Húmeda de los Tuxtlas; Veracruz y la otra del suelo y

hongos en la corteza de los árboles, de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo. (Vázquez y Palacios-Vargas, 1996)

Para evaluar como influyen factores como el agua y la cantidad de materia orgánica se efectuó un estudio en dos agrosistemas de San Salvador, Hidalgo, México. Se eligieron dos parcelas de 50x20m con la misma clasificación edáfica y diferente tipo de riego. La primera se encuentra en San Salvador irrigada con aguas residuales y la segunda parcela se encuentra en el Poblado del el Bondho irrigada con agua de pozo. La composición estructural de las comunidades de colémbolos, riqueza específica, equitatividad, dominancia, densidad y abundancia relativa fueron diferentes entre parcelas. Estas diferencias fueron dadas principalmente por los altos valores de pH, conductividad eléctrica y de los cationes intercambiables presentes en una y otra parcela, determinando el tipo de comportamiento de las comunidades estudiadas, así como cierto efecto negativo por la intensidad de uso de suelo. Se comprobaron las diferencias de composiciones específicas de colémbolos entre las parcelas de diferente tipo de riego y la presencia de especies como *Hypogastrura essa*, *Xenilla grisea*, *Proisotoma minuta*, *Cryptopygus ca. benhami* y *C. thermophylus* sugieren que éstas pueden ser sensibles al aumento de los parámetros evaluados. (Cutz Pool, 2003).

III. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Características Generales.

La reserva de la biosfera de Calakmul se localiza en el sureste del Estado de Campeche, en el límite con el Estado de Quintana Roo al este y con la República de Guatemala al sur (Figura 1 y 2). En las coordenadas 17°45', 19°15' latitud norte 89°08', 90°08' longitud oeste.

Fisiográficamente, la Reserva de la Biosfera de Calakmul; alcanza elevaciones de más de 300 m sobre el nivel del mar en las ondulantes colinas, hasta una altitud máxima de 380 m en la parte abrupta del sureste de la reserva.

La reserva se encuentra bajo la influencia directa de dos provincias bióticas: La Yucateca y la de El Petén Guatemalteco; la provincia biótica Yucateca imprime el endemismo cálido-subxérico a la fauna de Calakmul, mientras que las formas cálido-subhúmedas o cálido-húmedas son consecuencia de la influencia de la provincia biótica de El Petén.

El área de la Reserva constituye una de las mayores superficies forestales del trópico mexicano además de que representa un gran aporte al mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, como son los regímenes hidrico y climático y los procesos ecológicos y evolutivos que determinan la biodiversidad de la zona.

También se considera como un corredor biológico que permite el desplazamiento en ambas direcciones de las especies entre las regiones subxéricas del norte de la península de Yucatán y las zonas de clima subhúmedo y húmedo al sur (García y March, 1990).

El drenaje es subterráneo en su totalidad, excepto durante las tormentas e inundaciones. Aunque no hay fuentes de agua permanente, existen, en la parte sur de la reserva, 375 aguadas y bajos como El Laberinto y en el norte pozos, muchos de los cuales fueron hechos durante la época prehispánica (Gates, 1992).

Las rocas de la reserva que se encuentran bajo la capa de caliche, de acuerdo con su edad geológica, corresponden al Paleogeno temprano y medio (depósitos de entre 36.5 y 66.5 millones de años) y fueron formadas por los mares poco profundos que rodearon los antiguos continentes. Los océanos del Paleogeno sufrieron un sinnúmero de cambios ocasionados por los movimientos tectónicos que formaron los Alpes y el Himalaya, y dieron como resultado las orogénesis mexicanas. Por la similitud de las rocas y los fósiles encontrados en la región de Calakmul y en otras regiones del mar Mediterráneo y del mar del Norte, se ha demostrado que estas zonas funcionaron como reservas bióticas durante el Paleogeno. (FAO, 1970)

Los suelos que se encuentran en la Reserva de la Biosfera de Calakmul corresponden a la Asociación Xpujil (FAO, 1970). Esta asociación presenta conjuntos genéticos de suelos con texturas finas, que se desarrollan principalmente sobre calizas cretosas muy blandas, no consolidadas, cuya edad corresponde al Plioceno.

Los tipos de suelos que podemos encontrar en la reserva, entre otros, son las Rendzinas negras de textura media, con estructura granular y que presentan un alto contenido de materia orgánica rica en calcio y magnesio; y los Gleysoles, de textura arcillosa, que acumulan gran cantidad de agua durante el año y se encuentran en las partes bajas de las depresiones y en los fondos de las aguadas. Los Vertisoles, que son los suelos que se encuentran en posición más alta y que conservan la humedad durante menos tiempo, son suelos arcillosos de más de un metro de profundidad, con perfiles poco diferenciados y con elevada retención de bases. (FAO, 1970).

Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul en Campeche.



Fuente: www.calakmul.org

3.2 Características físicas

3.2.1 Relieve

La Reserva de la Biosfera de Calakmul forma parte de la Planicie Yucateca y del Petén, en sus lomeríos alcanza elevaciones de 300 msnm. Los sistemas de drenaje de la región son el cárstico y el fluvial. Los flujos son principalmente hacia el noroeste y oeste (Golfo de México).

El área muestra una estructura anticlinal importante en el sur de Campeche, que se precipita al norte. Las rocas a ambos lados del anticlinal se proyectan desde la cima al este hacia el Caribe, y al oeste hacia el Golfo de México. El arqueo de las rocas de esta anticlinal causó la formación de la gran firmeza de la Península de Yucatán; el plegamiento controla mucho del carst subterráneo y el drenaje superficial de la región.

3.2.2 Geología

La Península de Yucatán y el Petén están constituidos por gruesas formaciones de rocas de carbonato cubiertas por varios metros de caliche y suelos delgados que contienen materia orgánica. El proceso primario que actúa sobre los materiales superficiales y subterráneos consiste en la disolución del carbonato de calcio por filtraciones del agua de las lluvias; iones de calcio y bicarbonato son transportados en solución por el agua en la superficie del suelo desplazándose relativamente rápido a través de canales subterráneos.

Este tipo de terreno, en el que predominan la acción química y el drenaje subterráneo más que la erosión mecánica y las corrientes superficiales, se denomina carst. Los "valles de carso" son comúnmente depresiones cerradas con drenaje subterráneo. Se forman por la coalescencia de hoyadas y pueden presentar márgenes ondulados que heredan de las hoyadas. Los poljés, grandes depresiones cársicas que cubren decenas de kilómetros cuadrados, tienen laderas empinadas y fondos planos, algunas veces con pequeñas colinas residuales y lagos estacionales o permanentes.

3.2.3 Suelos

Los suelos de la Reserva Calakmul, pertenecen a dos subunidades de suelos correspondientes a la Asociación X'pujil, (FAO, 1970) y sus características son:

1. Suelos de menos de 200 msnm, se desarrollan en paisajes con relieve monticular sobre rocas carbonatadas, cuya edad corresponde al Eoceno y Paleoceno. Los suelos de las laderas y de las partes altas corresponden a una asociación de litosoles y rendzinas. Los litosoles en maya reciben el nombre de tsek'éles y alcanzan una profundidad de hasta 10 cm de espesor y las rendzinas tienen una profundidad de por lo menos 30 cm. Sobre extensas planadas (partes de mesetas), se forman suelos profundos sin piedras ni afloramientos rocosos, con un nivel fluctuante de las aguas freáticas, por las infiltraciones que se forman por la disolución del material calizo, corresponden a vertisoles y gleysoles, denominados ak'alches y ya'ax homes.

En esas partes se forman suelos de 60 cm hasta más de un metro de profundidad, tienen un horizonte A cuyos colores varían de gris a pardo oscuros; en algunos gleysoles se presenta un horizonte B y los vertisoles generalmente descansan sobre un horizonte C. La textura es arcillosa. (Anexo IV, Cuadros 1 y 2)

2. Suelos entre los 200 y 400 msnm, se forman en sitios de mayor altitud, cuyo relieve varía de aplanado, montículos cóncavos y depresiones separadas de colinas bajas. Las rocas que lo sustentan corresponden a margas cretáceas blandas y corresponden al Eoceno y Paleoceno. En las depresiones se forman gleysoles de variantes cálcicas, sálicas, sódicas e hísticas. Hacia la periferia se encuentran vertisoles en tanto que en las partes altas y sobre laderas, se desarrollan asociaciones de litosoles y rendzinas.

Las rendzinas son suelos con buen drenaje, con microclimas que van de xéricos a subhúmedos, varían en color, textura y pedregosidad, las de color negro con piedras se denominan box lu'um de box negro y lu'um tierra; las de color gris, de consistencia suelta y con un número reducido de piedras se denominan pus lu'um y

las de color de gris a pardo oscuro con una estructura granular se denominan chí'ich lu'um. (Anexo IV,Cuadro 3)

La formación de los suelos desarrollados en la zona de bajos inundables, se relaciona con el microclima subhúmedo y húmedo, con la cantidad de agua que mantenga el perfil del suelo y con el tiempo que permanezcan inundados. Los suelos desarrollados cerca de las aguadas con una pedogénesis de tipo hidromórfico, forman suelos del tipo de los gleysoles en tanto que la formación de vertisoles, requiere de tener una época de secas. La estructura de estos suelos es del tipo gilgai.

Los tipos de suelos de acuerdo a la nomenclatura de la FAO/UNESCO y sus equivalencias con la terminología maya se presentan en el Anexo IV, Cuadro 4. El material parental de los suelos es la roca caliza, de dureza blanda cuya composición mineralógica es carbonato de calcio (CaCO_3) en más del 60% y muy pobre en fierro, sílice y aluminio.

La intemperización de la caliza por efecto de disolución, no produce arcillas nuevas y por ello la formación de suelos profundos es muy baja. El pH de los suelos va de ligeramente alcalino a alcalinos. Los contenidos de materia orgánica son muy altos y la fertilidad del suelo depende de tales contenidos mas que por sus contenidos de arcilla. Los contenidos de fósforo y de los micronutrientes de zinc, hierro y cobre, son bajos (Aguilera, 1958; Linteau, 1996 y Morales et al, 2000; Morales et al, 2001).

3.2.4 Hidrología

La hidrografía de la superficie en la RBC está determinada por la cantidad y distribución de la precipitación pluvial; la evapotranspiración de la vegetación, las masas de agua y los suelos y el drenaje de la superficie. Los torrentes de la lluvia pueden ser lo suficientemente intensos como para transportar agua temporalmente en canales de corriente superficial. Algunas de las áreas bajas constituyen humedales permanentes.

La elevación del manto freático se controla por el nivel del mar y su distancia a la costa; toda el agua que se infiltra del suelo se desplaza a lo largo de un declive en dirección del mar contribuyendo eventualmente al flujo de manantiales.

La estructura anticlinal de piedra caliza controla la división estratificada del drenaje y las redes de distribución del carso. El manto de caliche, que cubre la mayor parte de las tierras altas, es lo suficientemente poroso como para aumentar la infiltración y absorber la mayor parte del agua de las lluvias hasta llegar al punto de saturación, en cuyo caso cobra importancia el derrame superficial.

La combinación de diferentes condiciones pudo haber determinado los rasgos hidrológicos de la Reserva, primero los tipos de roca y sedimento presentes; segundo, las perturbaciones de la corteza terrestre ocurridas en la historia geológica, particularmente plegamientos, fracturas y alzamientos; tercero, los ciclos y tendencias a largo plazo de cambios en el clima y nivel del mar y cómo afectaron los periodos estacionales de humedad y sequía; cuarto, las condiciones biosféricas y las respuestas a los cambios citados; y quinto, el hecho de que el drenaje subterráneo normal y el de tormentas en la superficie del área se desplace hacia el noroeste y oeste (Golfo de México) o hacia la Reserva.

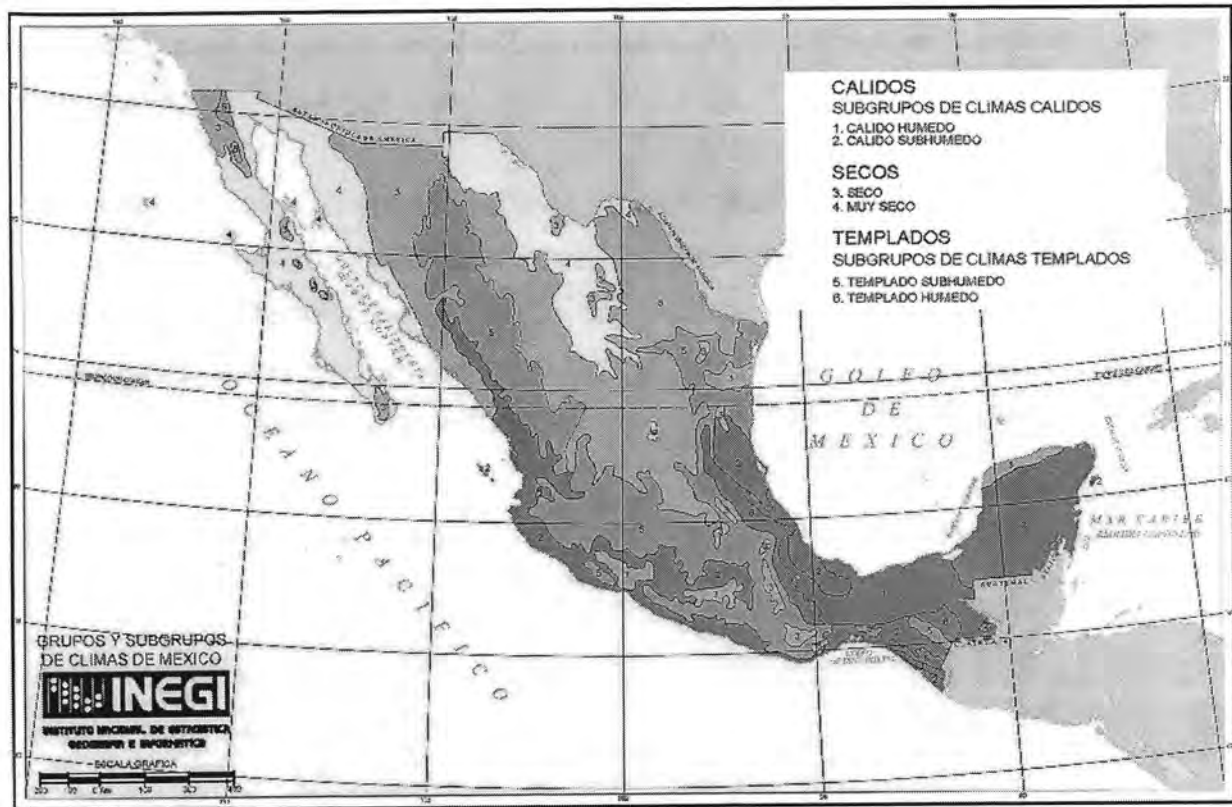
3.2.5 Clima

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973), el clima de la Reserva de la Biosfera de Calakmul es cálido subhúmedo (Aw), con un claro gradiente de precipitación que va disminuyendo de sur a norte. Como clara consecuencia de esta característica existen tres subtipos climáticos: Aw0, Aw1 y Aw2(x1). En la Figura 2 se muestra el clima que pertenece a la Reserva de Biosfera de Calakmul representado por el número 2 de los subgrupos de los climas cálidos.

García y March (1990) describieron el clima de la Reserva de la Biosfera de Calakmul con las modificaciones del sistema de Köppen hechas por García (1973). Encontraron que el 10% de la Reserva, a lo largo de la frontera de Guatemala, cae dentro de la zona cálida subhúmeda (AW2(x')).

El subtipo climático cálido subhúmedo (Aw1) comprende el 60% de la zona central del área de estudio. El subtipo cálido subhúmedo (Aw0) en el norte comprende 30% del área.

Figura 2. Clima en la Reserva de la Biosfera de Calakmul.



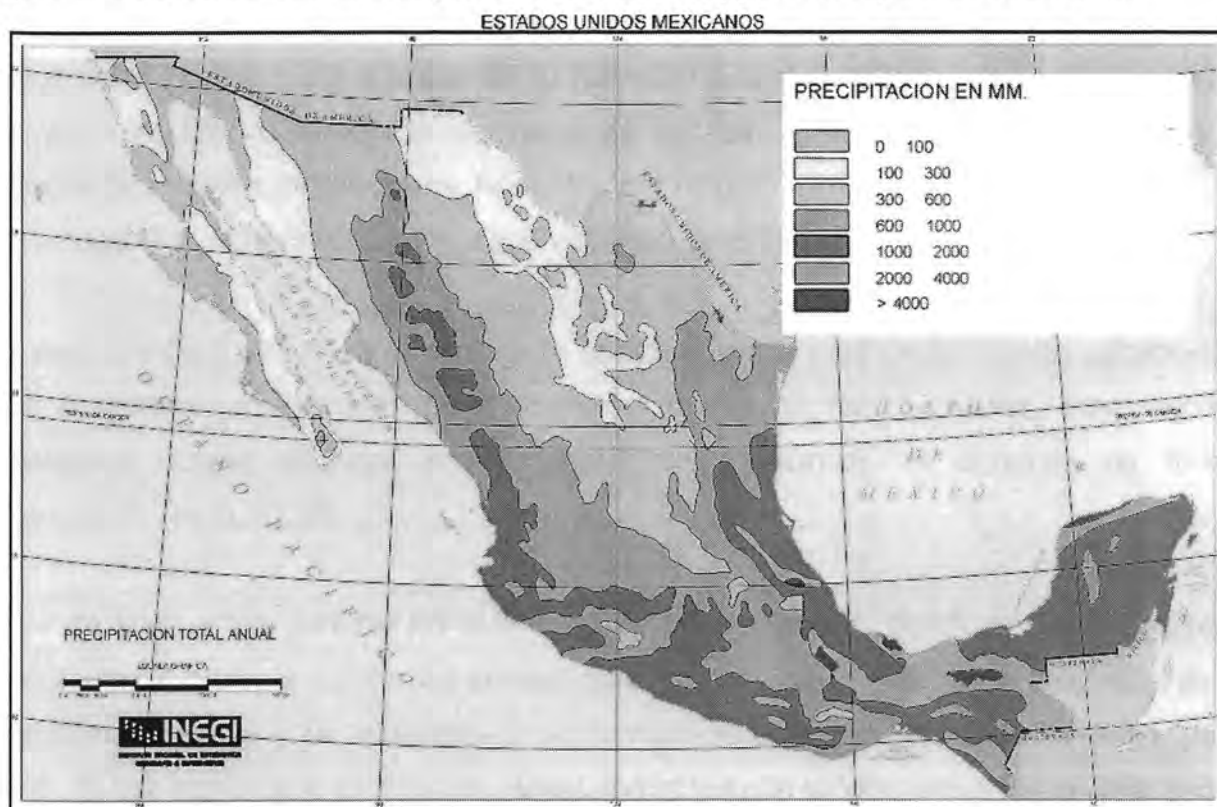
Fuente: www.maquilaportal.com/mapas/clima.htm

3.2.6 Precipitación

De acuerdo al clima predominante presenta lluvias en el verano, siendo el promedio de precipitación de menos de 60 mm durante el mes más seco del año y con un porcentaje de lluvia invernal entre el 5 y 10.2%. Existe una amplia variación de precipitación en diversas localidades de la RBC, como ejemplo, durante el año 1987 se registró una precipitación total de 616.4 mm en Zoh Laguna, de 873.3 mm en Conhuas y de 1193.5 mm en Dzibalchen.(Figura 3)

Debido a la orografía del sitio, las colinas del este reciben mayor precipitación durante el verano, y puesto que el piso de la cuenca siempre está nublado, recibirá poco o ningún aumento en la precipitación. Los ríos se incrementan por el escurrimiento de las precipitaciones de los alrededores, así la flora y fauna están ligadas a estas corrientes más que a las tierras altas de los alrededores.

Figura 3. Distribución de la Precipitación Pluvial (mm) para la República Mexicana.



<http://www.maquilaportal.com/mapas/precipplu.htm>

3.3 Características biológicas

3.3.1 Biodiversidad Vegetal y animal.

La RBC se encuentra bajo la influencia directa de dos subprovincias bióticas: la Yucateca (PBY) y la del Petén (PBP). La subprovincia PBY imprime el endemismo cálido subxérico a la fauna de Calakmul, mientras que las formas cálido subhúmedas o cálido húmedas son consecuencia de la influencia de la subprovincia PBP. La PBY ha sido reconocida por Smith (1941), Goldman y Moore (1946), Barrera (1962) y Stuart (1964) y su existencia es innegable ya que existen elementos endémicos característicos en casi todos los órdenes de seres vivos que dan a la flora y fauna de las selvas decíduas, bosques espinosos, sabanas, dunas costeras y matorrales halófitos con una composición especial.

Por su escasa edad como territorio emergido (3,000,000 años), su relativa monotonía geológica y ausencia de relieve, la zona de Calakmul no presenta gran variedad de nichos ecológicos ni diversidad de ambientes terrestres. Su capacidad para refugiar formas de vida en épocas climáticas adversas es muy limitada (De la Maza y Gutiérrez, en prensa) por lo que entre el Mioceno y el presente, su función ha sido la de un corredor biológico que permite a las formas subxéricas del norte de Yucatán (provincia Biótica Yucateca) y las especies de climas subhúmedos y húmedos del refugio istmo, del Petén y de los montes mayas desplazarse hacia el sur y hacia el norte en las épocas que le son propicias.

La causa principal de variantes ecológicas puede deberse a las características edafológicas y se manifiesta en cambios en la composición de la flora y fauna, esencialmente neotropical. Como muestra en los lepidópteros diurnos, el dominio de formas neotropicales es de 81.6%.

En la Reserva, y en general en la Península, faltan especies relictuales que requieren ecosistemas estables a través del tiempo geológico o que dependen principalmente de ecosistemas riparios y de montaña. Estas formas parecen ser comunes en Belice (Ross, 1964), lo que indica que los montes mayas son el refugio biótico más estable de la región peninsular.

La ausencia de nichos climáticos semicálidos, templados y fríos dificulta la persistencia de los elementos neárticos, mesoamericanos y neotropicales de altura que puedan alcanzar el área en sus movimientos de dispersión. En cuanto al patrón neártico, la incomunicación de la Península hacia el norte, combinada con la etapa climática cálida dominante, excluyen sus posibilidades de vida en las condiciones actuales. Las especies de origen neártico que se pueden registrar en la Reserva son las que presentan movimientos migratorios de largo alcance y cuyas rutas atraviesan el área.

Como contraparte de lo anterior los organismos acuáticos de los cenotes, galerías acuáticas subterráneas y algunas aguadas se encuentran aislados, sin posibilidad de dispersión, y comunicación genética, y con ambientes estables y protegidos, lo que parece ser un factor importante para la presencia de endemismos en el caso de la fauna como lo sugiere Coke (1991) para ecosistemas similares de Yucatán y Quintana Roo.

Durán (1987) menciona que en el caso de la flora la alta proporción de endemismos, 12.3% de árboles, parece deberse a la presencia de suelos originados a partir de afloramientos yesosos; los cuales crean presiones de selección natural muy fuertes en el caso de plantas.

Contiene ecosistemas caracterizados por su gran diversidad, riqueza y fragilidad. La fauna de la zona corresponde eminentemente a la región neotropical en la que se incluyen especies raras, endémicas, amenazadas y en peligro de extinción. Dentro de la reserva se localizan pequeños manchones aislados de suelos que en maya se denominan akalché, profundos e inundables, y que constituyen fuentes de obtención de agua para los pobladores de la región y para la fauna silvestre.

3.3.2 Vegetación.

En Calakmul se presentan los siguientes tipos de vegetación:

La selva alta perennifolia o subperennifolia, constituye 5% de la vegetación total. Son comunes las asociaciones de *Manilkara achras*-*Brosimum alicastrum*-*Talisia olivaeformis*,

Manilkara achras-*Bucida bucer*- *Metopium browneii*, y otras agrupaciones de *Orbignya cohune*, *Sabal yapa* y *Cryosophilla argentea*. Las especies dominantes en el estrato arbóreo son: *Manilkara achras*, *Talisia olivaeformis*, *Brosimum alicastrum*, *Stemmadenia donell-smithii*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, en el arbustivo: *Eugenia mayana*, *Jacquinia sp.*, *Chamaedorea seifrizii*, *Ouratea lucens*, y en el herbáceo: *Olyra yucatan*, *Dorstenia contrajerva*, *Cenchrus echinatus*. (Flores et al., 1990)

La selva mediana subperennifolia, representa 50% de la vegetación y es la de mayor extensión en la reserva. Las especies dominantes son: *Vitex gaumeri*, *Lonchocarpus sp.*, *L. yucatanensis*, *Malmea depressa*, *Croton reflexifolius*, *Caesalpinia yucatanensis*, *C. violacea*, *Manilkara achras*, *Brosimum alicastrum*, *Lysiloma latisiliqua*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. acapulcensis*, *Guettarda spp.*, *Jatropha gaumeri*, *Bursera simaruba* y *Talisia olivaeformis*, entre otras. Es el tipo de vegetación más alterada por las actividades humanas, principalmente con fines agrícolas, ganaderos, de colonización, caza y de explotación forestal (Flores et al., 1990).

La selva baja subperennifolia, ocupa el 35% y se encuentra distribuida entre la extensión de la selva mediana subperennifolia, especialmente en los bajos, a la orilla de las cañadas, en las aguadas o en los ríos. Presenta asociaciones de: *Haematoxylum campechianum*-*Bucida bucer*-*Cameraria latifolia*, *Haematoxylum campechianum*-*Bucida bucer*-*Metopium browneii*. El estrato arbóreo, que no pasa de 15 m, está dominado por: *Bucida bucer*, *Haematoxylum campechianum*, *Manilkara achras*, *Metopium browneii*, *Diospyros anisandra*, *Cameraria latifolia*. En el estrato arbustivo los componentes dominantes son: *Bravaisia tubiflora*, *Randia aculeata*, *Ouratea lucens*, *Rhacoma gaumeri*, *Drypetes lateriflora*. Estrato herbáceo: *Petiveria alliacea*, *Rhoeo discolor*, *Lasiacis divaricata*, *Cladium jamaicensis*, así como gran cantidad de epifitas (bromeliáceas y orquidáceas) (Flores et al., 1990).

3.3.3 Fauna

La herpetofauna, está compuesta por un mínimo de 60 especies, 17 anfibios y 43 reptiles. La principal limitación para los anfibios es que durante la época de lluvias una gran parte

del área se inunda y en general hay abundancia de agua, pero en la época seca ésta escasea y algunas veces se limita a las aguadas. Entre los anfibios, la familia Hylidae es la mejor representada. Respecto a los reptiles, las culebras son el grupo mejor representado, con 17 especies.

Se han registrado 235 especies de aves: 179 residentes y 56 migratorias; 29 tipos de rapaces que incluyen varias especies raras o amenazadas. Como el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), el águila arpía (*Harpia harpyja*), el águila vientriblanca (*Spizastur melanoleucus*), el águila tirana (*Spizaetus tyrannus*), el águila elegante (*Spizaetus ornatus*) y el halcón pechicanelo (*Falco deiroleucus*). Alberga varias especies propias de la Península de Yucatán, tales como el pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*), la troglodita yucateca (*Thryothorus albinucha*), la chara yucateca (*Cyanocorax yucatanica*) y el mimido negro (*Melanoptila glabrirostris*). El hocofaisán (*Crax rubra*), especie amenazada en México, es más abundante en esta reserva que en otras partes de México (Berlanga, 1990).

Existen 94 especies de mamíferos silvestres potencialmente presentes en Calakmul (Hall, 1981), lo que hace de ella una región de alta diversidad de mamíferos silvestres. En Calakmul habitan seis de las siete especies de marsupiales de México; tres de primates; dos de los cuatro edentados, y cinco de los seis felinos.

Existe fauna notable conocida, como es: el jaguar (*Panthera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo (*L. wiedii*), el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), el mono aullador (*Alouatta palliata*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el temazate (*Mazama americana*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y el loro mejillas amarillas (*Amazona autumnalis*).

Además de existir especies amenazados, como: la boa (*Boa constrictor*), iguana rayada (*Ctenosaura similis*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), anhinga (*Anhinga anhinga*), el pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*), el loro orejas rojas (*Pionopsitta haematotis*), el loro corona blanca (*Pionus senilis*), el loro yucateco (*Amazona xantholora*), el arazari de collar (*Pteroglossus torquatus*), el chinito americano (*Bombycilla cedrorum*), la cigüeña americana (*Mycteria americana*), el Tucán pico de canoa (*Ramphastos sulfuratus*), la calandria zapotera (*Icterus cucullatus*), totolaca (*Aramus guarauna*) y el tlacuache de cuatro ojos (*Philander opossum*). (Hall, 1981)

Y especies en peligro de extinción, en donde se encuentra la cigüeña americana (*Mycteria americana*), el tucán pico de cano (*Ramphastos sulfuratus*), el hocofaisán (*Crax rubra griseicomis*), el saraguato (*Alouatta pigra*), el tlacuache dorado (*Caluromys derbiannus*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el hormiguero arborícola (*Tamandua mexicana*), el grisón (*Galictis vittata*), la nutria (*Lutra longicaudis*) y el tapir (*Tapirus bairdii*). (Hall, 1981)

Existe especies bajo protección especial. El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*), la jicotea (*Pseudemys scripta*), el guau (*Claudius angustatus*), el loro frente blanca (*Amazona albifrons*), el cardenal nortero (*Cardinalis cardinalis*), la calandria campera (*Icterus gularis*) y el puma (*Felis concolor*). Al igual que especies raras tales como: La garza morena (*Ardea herodias*), el ralo cuello gris (*Aramides cajanea*), el pato real (*Cairina moschata*), el puercoespín (*Sphiggurus mexicanus*), el jaguar (*Panthera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo (*L. weidii*), el leoncillo (*Herpailurus yagouaroundi*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*). (Hall, 1981)

IV IMPORTANCIA DE LOS COLÉMBOLOS EN LOS ECOSISTEMAS EDÁFICOS.

En la mayoría de las zonas templadas, la biomasa de los animales del suelo comprende la mayor parte de la producción secundaria (Pankurts, 1994; cuadro 1), y son de gran importancia en cuanto a formación y fertilidad de los suelos, por lo que es importante el estudio de su distribución, abundancia y carácter de su actividad, ya que además de sus actividades pueden influir en los niveles de la producción primaria del ecosistema (Ghilarov, 1965; Edwards et al., 1967; Najt, 1976; Tanaka, 1978).

Clasificación de los organismos por tamaño.	Biomasa kg/ha peso vivo	
	Zonas templadas	Zonas tropicales.
Microfauna (<2mm)	50	0.5
Mesofauna (2-10mm)	20	20
Macrofauna (>10mm)		
-Lombriz de tierra	900	300
-Termitas	-	15
Microorganismos	20,000	¿?

Entre la mesofauna edáfica más abundante, en orden de importancia, se encuentran generalmente en primer lugar, los ácaros seguidos de los colémbolos (Rapoport, 1959; Buthcher et al., 1971; Najt, 1973; Lavèlle et al., 1981; Serra et al., 1992) que llega a constituir hasta el 98% de la artropodofauna en algunos tipos de suelo (Palacios Vargas, 1985).

Los colémbolos y ácaros no sólo son importantes por su abundancia; sino también por el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica y el flujo de energía dentro del sistema edáfico (Blackith, 1974) Particularmente, los colémbolos, contribuyen a la formación del suelo de dos maneras. Primero extraen materiales que son ingeridos y fragmentados en el intestino, y segundo, producen heces fecales que añadidas al suelo, pueden ser accesibles a otros agentes descomponedores (Burgues & Raw, 1971).

La mayoría de los colémbolos tienen regularmente una dieta amplia de hongos y materia vegetal en descomposición (Najt 1973). También se alimentan de micelios, esporas, heces y exoesqueletos de otros artrópodos y algunos de otros colémbolos. Algunos pueden consumir o formar humus directamente (Rapoport 1960) además, juegan un papel importante en la diseminación y desarrollo de microorganismos en el suelo (particularmente hongos), al transportar las esporas y liberarlos en las heces y al aportar nutrientes en las mismas, (Odum, 1972) También, los colémbolos son importantes como trituradores y desmenuzadores de la materia orgánica (principalmente de tejidos vegetales) que caen al suelo, aumentando la superficie de dichos tejidos para ser atacados por hongos y bacterias, además de contribuir a la inoculación de otros microorganismos (Blackith, 1974).

Con relación a la distribución de la mesofauna edáfica, esta parece estar más limitada por factores abióticos, como la temperatura, disponibilidad de agua y oxígeno, que por la presencia de tipos particulares de alimento (Burgues & Raw, 1971). Se ha observado que, de los principales factores limitantes en la distribución de los colémbolos y ácaros se pueden mencionar la humedad y temperatura (Christiansen, 1964, Butcher et al, 1971). Se sabe, además, que el efecto de la humedad se manifiesta en la dinámica de poblaciones microbianas que constituyen los recursos para una gran parte de los invertebrados edáficos (Prieto Trueba *et al.*, 1999).

Por otro lado la mesofauna edáfica en algunas comunidades, como en las selvas, son las más ricas en número de individuos a diferencia de otros ecosistemas, debido principalmente a la densidad de los ácaros y colémbolos. Comparando las comunidades de las selvas con los pastizales, se ha observado que presentan características distintas, la mesofauna es en promedio menos abundante en esta última (Lavelle *et al.*, 1981). Adicionalmente, quizá pueda afirmarse que en los bosques tropicales, por lo menos en caso de los colémbolos, la diversidad es más alta que la presente en los bosques templados (Deharveng *et al.*, 1989). También puede decirse que generalmente, los suelos húmedos albergan una fauna más numerosa y variada que los desérticos (Rapoport, 1968) Sin embargo se ha comprobado que la distribución de los individuos en el suelo no es

uniforme, sino que frecuentemente se presentan como agregados o colonias, lo que invalida las generalizaciones a partir de muestras presuponiendo una distribución al azar (Rapoport, 1959).

Los colémbolos, se pueden considerar como buenos indicadores biológicos. Las cualidades más importantes que Delamare-Deboutville (1951) menciona para su utilización como indicadores de las condiciones ecológicas del suelo son:

- a) Junto con los ácaros son los animales más numerosos del suelo.
- b) Se reproducen en cualquier época del año, sobre todo cuando las condiciones microclimáticas son adecuadas.
- c) Su ciclo vital es corto, de tal suerte que, tan pronto como las condiciones se vuelven favorables, se nota su efecto sobre la población total.
- d) Su respiración es cutánea por lo tanto, dependen de las variaciones microclimáticas, particularmente la humedad. (Palacios-Vargas, J. G. 1983).

Los colémbolos también pueden aminorar el efecto de patógenos en plantas al consumir hongos patógenos, por ejemplo el consumo de *Fusarium oxysporum* (hongo de pepino) por *Sinella curviseta*, disminuye la infestación y permite el desarrollo de plantas sanas (Nakamura eta al 1992).

Son también considerados como indicadores de variables del medio edáfico. De tal modo que diversas especies de colémbolos se hallan restringidas a suelos ácidos o básicos, por lo que constituyen indicadores de pH del medio (Lucianez & Simon, 1991).

Algunas especies como *Mesaphorura yosii*, *Anurita pygmaea* y *Willemia anophtalma*, se acumulan abundantemente solo en suelos ácidos (pH 4.0 o menos), mientras que *Isotoma notabilis* abunda solamente en suelos con niveles de pH superiores a 6. Algunas especies de colémbolos han sido probadas como indicadoras de determinadas condiciones edáficas, así, en relación con la humedad, resulta que *Anurophorura septentrionales*, *Isotoma sensibilis*, *Xenilla boernerii* e *Hypogastrura inermis* son típicas de lugares secos, mientras que *Isotoma olivacea* se halla en los suelos húmedos. De acuerdo a la

profundidad del suelo, *Tullbergia callipygos*, *T. quadrispina*, *Wantekeliella mediochaeta* y *Karlstejnía norvegica* se encuentran por debajo de los 6 cm de profundidad y *Anurita pygmaea* pudiera ser usada como una habitante de suelos húmedos a 6 cm. de profundidad. (Hågvar, 1984).

4.1 Agricultura Tradicional: Roza-Tumba-Quema.

La agricultura tradicional constituye una forma básica para el diseño de nuevos sistemas agroecológicos. Existen dos opiniones más generalizadas sobre la práctica de la roza-tumba-quema, que concuerdan en que los suelos así preparados presenta: una baja productividad y gran destructividad.

La Roza-tumba-quema es una de las más antiguas formas de uso de la tierra. Este sistema se ha practicado en todo el mundo. Actualmente, la roza-tumba-quema es practicada fundamentalmente entre los dos trópicos, bajo muy distintas condiciones ecológicas (montañas, cuencas de ríos, selva tropical, sabanas etc.), por 240 o 300 millones de personas, en una superficie que constituye casi la mitad de las tierras de esta región (Dove, 1983).

En el sistema de roza-tumba-quema, primero se tumba vegetación, y normalmente se le prende fuego. Luego se cultiva esa tierra por dos o tres años consecutivos. Después se deja en barbecho para que recupere su fertilidad. Mientras tanto se va tumbando otro pedazo de monte. Cuando el bosque se ha regenerado y con esto se haya recuperado la fertilidad del suelo, se vuelve a tumbar. Aparte del fuego, se emplea solamente energía humana con utensilios simples como el hacha y el machete.

En el sistema de roza-tumba-quema la clave radica en el periodo de barbecho. Durante ese periodo, la vegetación se regenera. Se acumula materia orgánica y nutrimentos en la vegetación que, al ser quemada, proporciona fertilidad al suelo por la ceniza. Dependiendo del lugar, ese periodo puede variar entre 15 y 40 años. Cuando éste es más breve, el sistema se deteriora, la cosecha del cultivo disminuye, y el sistema pasa a ser de cultivo (semi)permanente. (Ruthenberg, 1980)

4.2 Efectos del fuego en el suelo.

En general se asume que el fuego hace que se incrementen las tasas de escorrentía y las pérdidas de sedimento (Inbar *et al.*, 1998). Sin embargo, a pesar de que ciertamente la escorrentía y sedimento pueden incrementarse tras el fuego, el conjunto de pérdidas es muy pequeño en comparación con las generadas por otro tipo de perturbaciones y por lo tanto la influencia del fuego en la respuesta hidrológica de los sistemas puede ser considerada insignificante (Kutiel & Inbar, 1993; Kutiel, 1994), o solamente manifiesta sus efectos en los momentos inmediatos al fuego (Díaz-Fierros *et al.*, 1990). Estas discrepancias se suelen relacionar tanto con la ocurrencia de eventos de precipitación intensa durante el periodo de seguimiento, como con la diferente severidad del fuego en las zonas quemadas.

La primera consecuencia de un incendio es la eliminación de la vegetación y su efecto protector. Sin embargo, las consecuencias del fuego van más allá y en numerosos casos se relaciona el incremento de la erosión tras el fuego con los cambios provocados en las propiedades del suelo. Entre ellos se han sugerido la modificación de la estructura por la mineralización parcial de los horizontes orgánicos (Greene *et al.*, 1990; Giovannini & Lucchesi, 1993; Andreu *et al.*, 1994), pues la temperatura deteriora la estabilidad de los agregados por la destrucción de la materia orgánica y las arcillas minerales resultando una reducción de la porosidad y un aumento de la escorrentía y la erosión (Römken *et al.*, 1990; Giovannini & Lucchesi, 1991; Cerdà, 1998; Andreu *et al.*, 2001). En otros casos se ha citado el descenso de la interceptación y la exposición del suelo al impacto directo de la lluvia (Díaz-Fierros *et al.*, 1990).

Se acepta que los fuegos intensos pueden eliminar la capa orgánica superficial y dejar al descubierto una capa de suelo mineral con características hidrofóbicas (véase la revisión de Doerr *et al.*, 2000), del mismo modo que pueden facilitar la creación de costras a partir de los depósitos de cenizas (Wells *et al.*, 1979). También los fuegos pueden modificar la rugosidad superficial (Magunda *et al.*, 1997), pero su efecto parece ser distinto, pues los fuegos de moderada severidad producen una estructura superficial heterogénea en mosaico, en la que se combinan restos de materia orgánica y cenizas, mientras que el

consumo de la vegetación, hojarasca y materia orgánica en los fuegos severos produce una superficie homogénea mucho más sensible a la erosión.

En los últimos tiempos el comportamiento de los incendios y la extensión de la superficie afectada se han convertido en un tema de debate y preocupación nacional en México, sobre todo por el significado determinante que esto tiene en el acelerado proceso de deforestación que sufre el territorio nacional. La quema de bosques y selvas, como ya lo señalamos, se da a través de incendios identificados y reconocidos oficialmente como tales, dado que alcanzan dimensiones considerables, y que además se localizan con claridad o resultan evidentes para la opinión pública. La mayor parte de estas conflagraciones son consecuencia de quemadas llevadas a cabo con fines agrícolas o de pastoreo que salen fuera de control, y están por tanto fuertemente correlacionadas con los ritmos estacionales y con la incidencia regional de estas actividades.

Existe otro tipo de incendios que no se registran en la información oficial, dado que son sumamente numerosos y muchas veces contiguos, y se llevan a cabo de manera regular en las épocas de estiaje como herramienta de desmonte de la tierra sin rebasar los límites previstos por quienes los provocan. Desafortunadamente, sólo existe información sobre los primeros; sin embargo, la correlación entre estos dos tipos de incendios, y el hecho de que el fuego es la herramienta ubicua de cambio de uso del suelo en México, permiten que los datos disponibles sobre incendios sean una aproximación útil al proceso de deforestación.

El comportamiento errático del número de incendios y de la superficie afectada es visible tanto a nivel nacional como por estado. Sin embargo, el análisis estrictamente gráfico de las series permite intuir una tendencia ascendente (sobre todo en el caso del número de incendios). Se observan cambios demasiado bruscos en cada año, lo que sugiere la posibilidad, en algunos casos, de cambios estructurales en su comportamiento. Los resultados indican que el número de incendios y la superficie afectada han ido creciendo en el tiempo.

V. OBJETIVOS.

Objetivo Principal:

Evaluar la calidad del suelo mediante la biodiversidad y riqueza de especies de colémbolos utilizando estos parámetros como bioindicadores.

Objetivos Específicos:

1. Conocer la riqueza de especies de colémbolos presente, la cuál será utilizada como bioindicador de calidad del suelo.
2. Comparar los índices de abundancia de los diferentes grupos de colémbolos con relación a la calidad que presenten los suelos estudiados.
3. Evaluar la biodiversidad de Collembola.
4. Conocer la abundancia y estacionalidad de los colémbolos con relación a la humedad y temperatura ambiental.

Evaluar la calidad del suelo mediante análisis físico-químicos. Se determinará la presencia de los siguientes elementos o nutrientes: pH (acidez-alcalinidad), CICT (Capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables), MO (materia orgánica), N total (nitrógeno), P (fósforo).

VI. HIPÓTESIS.

En los suelos impactados por actividades antropogénicas se alteran factores abióticos, lo que a su vez repercute en la riqueza y la biodiversidad de la fauna edáfica, en especial sobre los colémbolos.

Por lo tanto los suelos no alterados presentarán la mayor riqueza y biodiversidad edáfica de Colémbolos.

VII. METODOLOGÍA:

Se realizaron muestreos bimensuales de hojarasca y suelo en diferentes sitios de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, para lo cual se tomaron muestras de 20 X 20 cm, colectando la capa de hojarasca hasta llegar al nivel de suelo orgánico, así como una muestra de el suelo inmediato a la hojarasca, para esto se dispuso de un marco con dichas medidas para delimitar el área de colecta. Posteriormente con una pala se extrajo las muestras de hojarasca y suelo. Las muestras se pusieron en bolsas de polietileno etiquetándolas con los siguientes datos: fecha, lugar de colecta y biotopo, para posteriormente trasladarlas al laboratorio (Vázquez, 1999).

7.1 Extracción de organismos edáficos.

Las muestras colectadas se trasladaron al laboratorio donde se procesaron utilizando el método de embudos de Berlese (Gaviño et al. 1980) modificados sin fuente de luz por siete días. Este método consiste en colocar sobre un tamiz o una malla fina de alambre colocada en la parte superior del embudo la muestra de suelo u hojarasca con una abertura de luz de (2-5mm) sobre el embudo. En la parte de abajo del embudo se colocó un frasco colector con alcohol etílico al 70 % en donde se recogieron los organismos presentes en la muestra.

El método de embudos de Berlese se basa en el aprovechamiento del geotropismo positivo, el cual consiste en que los organismos, conforme se va secando la superficie de la muestra tienden a migrar hacia zonas más profundas buscando las partes más húmedas hasta que finalmente caen en el frasco colector.

7.2 Separación y cuantificación.

Una vez extraídos los organismos, se procedió a la revisión, separación y cuantificación de los colémbolos de los demás microartrópodos, clasificándolos a grandes Taxa (Familias) con la ayuda de un microscopio estereoscópico.

Para la identificación se utilizaron las claves de identificación para Collembola de Christiansen y Bellinger (1980-81), Palacios Vargas (1991 y 1997) y Palacios - Vargas y Gómez Anaya (1993), así como de otros autores.

Se cuantificó el número de colémbolos presentes en cada muestra agrupándolos según los Taxa correspondientes.

7.3 Preparaciones Permanentes

Para efectuar el estudio taxonómico y la clasificación sistemática fue necesario efectuar preparaciones permanentes en líquido de Hoyer siguiendo la técnica recomendada por Christiansen y Bellinger, la cual consiste en los siguientes pasos:

I.- Se aclaran los colémbolos en hidróxido de potasa al 10% por unos cuantos segundos para macerar órganos y tracto digestivo.

II.- Cuando los organismos adquieren un color naranja a rojizo se extraen de la potasa y se lavan con agua destilada para eliminar los pequeños cristales de la misma.

III.- Posteriormente se ponen en ácido láctico por unos minutos para aclarar al organismo.

IV.- Luego se extraen del ácido láctico y se enjuagan nuevamente en agua destilada. En un portaobjetos se agrega una gota de líquido de Hoyer donde se coloca al colémbolo procurando que quede en posición ventral para facilitar su observación, finalmente se coloca sobre la preparación un cubreobjetos.

V.- Las preparaciones terminadas se secan en una estufa a temperatura constante a 40 – 50°C por siete días.

VI.- las preparaciones una vez secas se sellan con barniz a fin de evitar la hidratación y poder conservarlas permanentemente.

VI.- Las preparaciones se etiquetan. En ambos lados se coloca una etiqueta, una con datos del lugar de colecta, nombre del colector, fecha de colecta y microhábitat y en la otra la identificación y clasificación del ejemplar como Familia, orden, género y especie.

7.4 Índice de diversidad de Shanon-Winner:

Para el estudio de la Biodiversidad se utilizó el índice de Shanon-Winner

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

$$\text{Donde } p_i = \frac{n_i}{N}$$

La riqueza en especies se puede expresar por el número de especies.

La regularidad en la distribución se puede expresar con relación a la agregación de especies que proporciona la máxima diversidad para un N y n_i determinados.

Donde:

n_i = valor de importancia para cada especie

N = Total de valores de importancia

P_i = Probabilidad de importancia para cada especie

7.5 Análisis de suelo

Se realizaron análisis físico químicos en dos periodos, al inicio y al termino de la investigación con la finalidad de determinar la calidad y propiedades que presenta el suelo, y así obtener información necesaria para evaluar la influencia que estos factores causan a las comunidades de colémbolos.

Los análisis que se realizarán serán los siguientes:

pH (Acidez -Alcalinidad).

Determinado por el método *AS-02*. Análisis de suelos: Determinación de pH en Agua. El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios de suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas del suelo.

CICT (Capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables). Método *AS-12*. Análisis de suelos: Medición de la conductividad eléctrica en el extracto de la saturación. Para determinar la cantidad de sales y los constituyentes inorgánicos del suelo que son apreciablemente solubles en agua.

MO (Materia Orgánica). Método *AS-07*. Análisis de suelo: determinación de materia orgánica (Walkey y Black modificado).

N total (nitrógeno). Método *AS-08*. Análisis de suelo: determinación de Nitrógeno orgánico extraíble con KCl 2 N.

P (fósforo). Método de análisis *AS-10*. Análisis de suelo: determinación de fósforo extraíble en suelos neutros y alcalinos (Olsen).

Es ampliamente utilizado en estudios de fertilidad de suelos para la determinación de fósforo disponible tanto en suelos ácidos como alcalinos.

Los análisis físico-químicos se realizaron con la metodología de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

VIII. RESULTADOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en tres diferentes áreas, dos situadas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la tercera en una parcela dedicada para la agricultura de maíz. El primer sitio de colecta esta situado en el Km. 34 de la Reserva, considerado dentro de la zona núcleo la cual permite estar en muy buen estado de conservación. El segundo sitio de colecta se encuentra en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Calakmul considerada como área de restauración, en la que se encuentra una aguada. Y el tercer sitio es una parcela dedicada a la siembra de maíz situada cerca de la población de Xpujil en donde se utiliza el sistema agrícola de roza, tumba y quema.

La roza-tumba-quema de la vegetación del área destinada a la agricultura se realizó a finales del mes de abril e inicios del mes de mayo. Periodo en el cuál los campesinos se encargan de preparar la tierra para la siembra. Posterior a la quema, a finales del mes de mayo e inicios del mes de junio inicia el periodo de siembra de maíz en un área aproximada de 100m x 200m.

Para el presente estudio, el primer muestreo se realizó en la parcela después de la tala y quema el 6 de junio del 2003, estableciendo como testigos los sitios de colecta del km. 34 y el área de Reforestación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul., Campeche. Se considero al ecotono como área de influencia de la parcela quemada.

Se realizaron tres muestreos para la parcela de estudio durante el periodo de junio a octubre de 2003; y uno posterior a esa fecha en el mes de febrero de 2004, para analizar el comportamiento de la composición de la fauna de colémbolos a partir de que la parcela fue expuesta a la roza, tumba y quema.

Muestreo	Etapas	Fecha
I	Roza-tumba-quema (siembra)	06 junio de 2003
II	Siembra	20 agosto 2003
III	Cosecha	01 octubre 2003
IV	Abandonado	13 Febrero 2004

El Primer muestreo fue realizado en el mes de junio posterior a la roza tumba y quema en el inicio de la temporada de lluvias y la siembra de maíz. El segundo muestreo se realizó en el mes de agosto, posterior a la siembra de maíz. El tercer muestreo fue realizado en Octubre del 2003 donde las plantas de maíz tenían sus mazorcas estaban en el periodo de cosecha. En todos los muestreos se tomaron muestras de suelo para determinar las propiedades del suelo y realizar la comparación con las otras áreas.

Se llevo a cabo exclusivamente para la parcela de cultivo otro muestreo en el mes de febrero de 2004 para observar la recuperación de la fauna del suelo en especial los colémbolos.

Conjuntamente con los muestreos efectuados en la parcela, se tomaron muestras para el Km. 34 y el área de Reforestación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul. Únicamente en los tres primeros muestreos (junio, agosto y octubre 2003).

El proceso de extracción de la fauna se realizó en el Laboratorio de Microartrópodos Edáficos de la Universidad de Quintana Roo con embudos de Berlese-Tullgren durante siete días sin luz para obtener los microartrópodos edáficos en alcohol al 70%. Ya procesadas las muestras se revisaron bajo un microscopio estereoscópico para separar los colémbolos de los demás microartrópodos del suelo. Los colémbolos se determinaron a nivel de género y en algunos casos a especie. Para realizar la determinación de Colémbolos a especie se hicieron las preparaciones permanentes montando a los organismos en Líquido de Hoyer. Posterior a esto fueron identificados con la ayuda de un microscopio óptico y se utilizaron los trabajos de Christiansen y Bellinger (1951).

En la tabla 1 se muestra la aparición de los colémbolos encontrados en las diferentes etapas de colecta, comparando los sitios de colecta.

La riqueza de especies esta representada con un total de 59 especies encontradas en los diferentes sitios de colecta dentro de los cuales podemos encontrar: *Xenylla acauda sp.*, *Xenylla ca. canadensis sp.*, *Xenylla grisea sp.*, *Xenylla humicola sp.*, *Xenylla pallescens sp.*, *Xenylla simberloffii sp.*, *Odontella ca. rossi sp.*, *Xenyllodes sp.*, *Brachystomella sp.*

Pseudachorutes simplex, *Neanura sp.*, *Proisotoma minuta*, *Proisotoma (Proisotoma) titusi.*, *Proisotoma (Appendisotoma) vesiculata*, *Folsomia candida*, *Isotomurus (Hydroisotoma) sp.*, *Isotoma flora*, *Isotoma subviridis*, *Pseudisotoma sp.*, *Pseudisotoma monochaeta*, *Orchesella sp.*, *Entomobrya sp1*, *Entomobrya sp2.*, *Entomobrya Sp3*, *Sinella sp.*, *Seira sp.*, *Lepidocyrtus sp1*, *Lepidocyrtus sp2*, *Lepidocyrtus sp3*, *Lepidocyrtus ca. beaucatcheri*, *Lepidocyrtus cinereus*, *Lepidocyrtus cyareus*, *Lepidocyrtus ca. cyareus*, *Lepidocyrtus griseolivata*, *Lepidocyrtus pallidus*, *Lepidocyrtus paradoxus*, *Lepidocyrtus violaceus*, *Salina sp1.*, *Salina sp2.*, *Sphaeridia ca. pumilis*, *Sphaeridia serratus*, *Denisiella sexpinnatus*, *Collophora ca. quadriculata*, *Dicyrtoma aurata sp1*, *Dicyrtoma aurata sp2*, *Dicyrtoma (Ptenothrix) beta*, *Dicyrtoma (Ptenothrix) delongi*, *Sminthurus sp.*, *Sminthurus (Sminthurus) eiseni*, *Temeritas sp.*, *Sphyroteca sp.*, *Sphyroteca confusa*, *Sphyroteca ca. minnesotensis*, *Neosminthurus clavatus*, *Bourletiella christianseni*, *Pseudobourletiella spinata*, *Stenognathriopes (Tenentiella) ca. siankaana*, *Neelus murinus*, *Neelides diana*.

Para el primer muestreo realizado en junio se registraron 45 especies para el km 34 lo que constituye el 76.27% de la riqueza de especies presentes. Para la aguada se encontraron 41 especies que representa el 69.49% de la riqueza de especies obtenida; mientras que para el ecotono solamente se encontraron 5 especies que son el 8.47% y para la parcela quemada 6 especies que son el 10.16%.

En el segundo muestreo realizado en el mes de agosto, se registraron 40 especies para el km. 34 (67.79%), en la aguada 37 especies (62.71%) y en el ecotono existe un incremento en el número de especies que van de 5 encontradas en junio a 17 (28.81%) especies encontradas en agosto lo que permite ver que se incrementó en 12 especies; al igual para la parcela quemada hay un incremento de dos especies que van de 6 a 8 (13.55%) especies encontradas aunque no son muy representativas en número.

En el último muestreo realizado en Calakmul (km. 34 y aguada); ecotono y parcela quemada en octubre de 2003, se obtuvieron los siguientes resultados, para el km. 34 estuvieron presentes 47 especies (79.66%); para la aguada 38 especies (64.40%), en el ecotono 21 especies (35.59%); en tanto que para la parcela quemada 16 especies (27.11%).

En lo que respecta a los sitios del Ecotono y la parcela quemada en Febrero de 2004 se obtuvieron 21 (35.59%) y 16 (27.11%) especies respectivamente, lo que nos permite ver que después de diez meses de que se realizó el proceso de roza-tumba-quema en la parcela y el área de influencia por el fuego (Ecotono) la fauna del suelo tiene una leve recuperación ya que de haberse registrado inicialmente 5 especies al término de realizado los muestreos se obtuvo el registro mas alto que fue de 16 spp. (27.11%). En comparación con el ecotono tenemos que en el primer muestreo se registraron 5 especies que fueron las que aparecieron inicialmente, pero para el muestreo realizado en febrero de 2004, se pudo observar un incremento considerable en la riqueza de especies la cual llegó hasta 21 spp, este rápido incremento es debido a que la vegetación no fue dañada por el fuego pero aún así la influencia de la temperatura del fuego de la parcela quemada se ve reflejada en el ecotono.

Tabla I. Riqueza de especies de Collembola de los sitios estudiados durante los diferentes muestreos.

N°.	Familia	Género	Sitio de colecta junio 2003.				Sitio de colecta Agosto 2003.				Sitio de colecta Octubre 2003.				Febrero 2004	
			km34	Ag	Ecot	Parc	km34	Ag	Ecot	Parc	km34	Ag	Ecot	Parc	Ecot♣	Parc♣
1	Hypogastruridae	Xenylla acauda sp.✓	*				*				*					
2		Xenylla ca. canadensis sp✓	*	*			*	*			*	*				
3		Xenylla grisea sp.	*	*	*		*	*	*		*	*	*		*	*
4		Xenylla humicola sp.	*	*	*		*	*	*		*	*	*		*	*
5		Xenylla pallescens sp. ✓	*	*	*		*	*	*		*	*	*		*	*
6		Xenylla simberloffii sp.	*	*	*		*	*	*		*	*	*		*	*
7	Odontella	Odontella ca. rossi ✓	*				*				*					
8		Xenyllodes sp.	*				*				*					
9	Brachystomellidae	Brachystomella sp.	*	*			*	*			*	*			*	*
10	Neanuridae.	Pseudachorutes simplex	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11		Neanura sp	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	Isotomidae	Proisotoma minuta	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13		Proisotoma (Proisotoma) titusi.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14		Proisotoma (Appendisotoma) vesiculata ✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15		Folsomia candida✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16		Isotomurus (Hydroisotoma) sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17		Isotoma flora	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18		Isotoma subviridis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19		Pseudisotoma sp✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20		Pseudisotoma monochaeta	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Entomobryidae	Orchesella sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
22		Entomobrya sp1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23		Entomobrya sp2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
24		Entomobrya Sp3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25		Sminella sp	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26		Seira sp	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
27		Lepidocyrtus sp1 ✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
28		Lepidocyrtus sp2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
33		Lepidocyrtus sp3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
29		Lepidocyrtus ca.beaucatcheri	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
30		Lepidocyrtus cinereus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
31		Lepidocyrtus cyareus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
32		Lepidocyrtus ca. cyareus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
34		Lepidocyrtus griseolivata✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
35		Lepidocyrtus pallidus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
36		Lepidocyrtus paradoxus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
37		Lepidocyrtus violaceus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
38	Paronellidae	Salina sp1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
39		Salina sp2.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
40	Sminthurididae.	Sphaeridia ca. pumilis✓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
41		Sphaeridia serratus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
42		Denisiella sexpinnatus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
43	Arrhopalitidae	Collophora ca. quadriculata	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

km34; Reserva de la Biosfera de Calakmul, Camp.

Ag; Aguada, área de reforestación Calakmul, Camp.

Ecot; Ecotono en la Parcela Quemada.

Parc; Parcela Quemada

Ecot♣ y Parc♣; muestreo realizado únicamente en Febrero de 2004.

✓ Especies bioindicadoras de buen estado de conservación.

Continuación Tabla 1. Riqueza de especies de Collembola de los sitios estudiados durante los diferentes muestreos.

N°	Familia	Género	Sitio de colecta junio 2003.				Sitio de colecta Agosto 2003.				Sitio de colecta Octubre 2003.				Febrero 2004.	
			km34	Ag	Ecot	Parc	km34	Ag	Ecot	Parc	km34	Ag	Ecot	Parc	Ecot♣	Parc♣
44	Dicyrtomidae	<i>Dicyrtoma aurata</i> sp1	*	*			*	*	*		*	*				
45		<i>Dicyrtoma aurata</i> sp2	*										*	*		
46		<i>Dicyrtoma</i> (<i>Ptenothrix</i>) <i>beta</i>	*	*			*	*						*	*	
47		<i>Dicyrtoma</i> (<i>Ptenothrix</i>) <i>delongi</i>	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	
48	Sminthuridae	<i>Sminthurus</i> sp	*				*							*	*	
49		<i>Sminthurus</i> (<i>Sminthurus</i>) <i>eiseni</i>	*	*			*	*		*	*					
50		<i>Termitas</i> sp	*	*							*	*				
51		<i>Sphyroteca</i> sp	*	*			*	*			*	*			*	
52		<i>Sphyroteca confusa</i> ✓	*	*			*				*	*				
53		<i>Sphyroteca</i> ca. <i>minnesotensis</i>	*	*			*	*			*	*	*			
54		<i>Neosminthurus clavatus</i>	*	*			*	*			*	*		*	*	
55	Bourletiellidae	<i>Bourletiella christianseni</i>												*	*	
56		<i>Pseudobourletiella spinata</i> ✓	*				*	*			*					
57		<i>Stenognathriopes</i> (<i>Tenentiella</i>) ca. <i>siankaana</i>	*										*		*	
58	Neelidae	<i>Neelus murinus</i>	*	*			*				*	*	*			
59		<i>Neelides diana</i>	*	*			*				*	*	*	*	*	*
Total de especies encontradas por periodo y sitio			45	41	5	6	40	37	17	8	47	38	21	16	21	16

km34; Reserva de la Biosfera de Calakmul, Camp.

Ag; Aguada, área de reforestación Calakmul, Camp.

Ecot; Ecotono en la Parcela Quemada.

Parc; Parcela Quemada

Ecot♣ y Parc♣; muestreo realizado únicamente en Febrero de 2004.

✓ Especies bioindicadoras de buen estado de conservación.

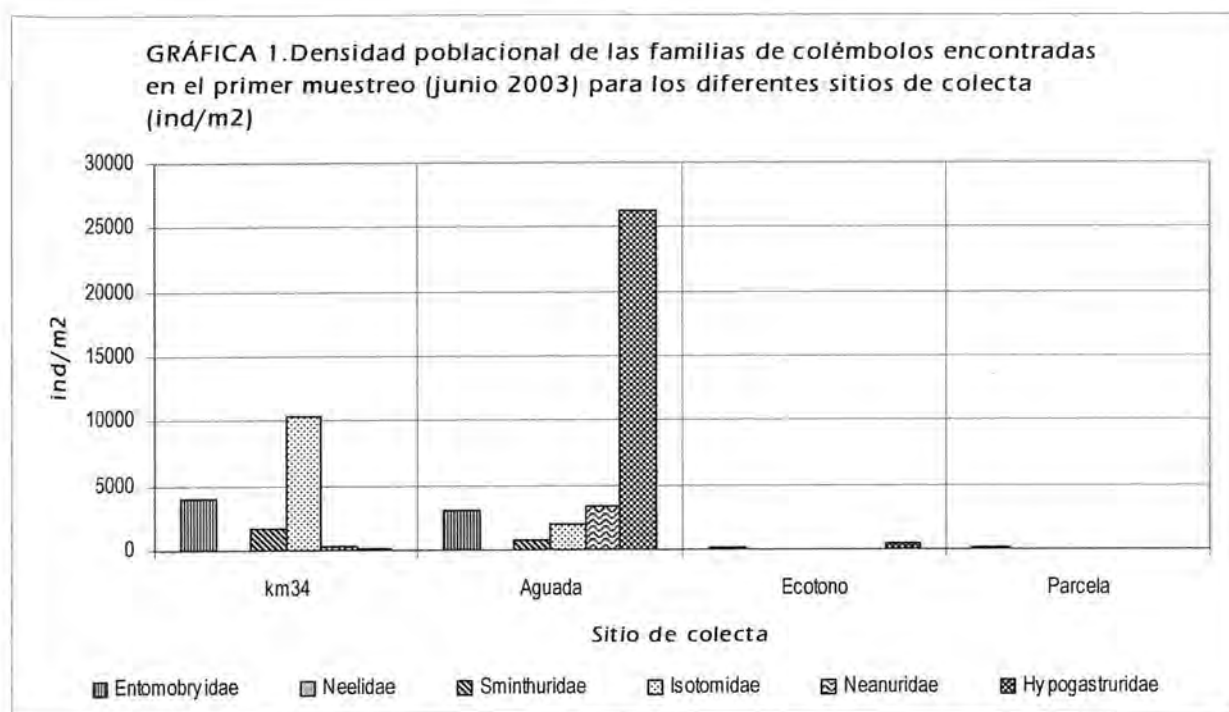
De acuerdo a los datos globales para cada sitio de muestreo y fecha de colecta se obtuvieron los siguientes resultados de biodiversidad realizados mediante el índice de Biodiversidad de Shanon-Winner:

Fecha/sitio de colecta	Km. 34, Calakmul, Camp.	Aguada, Calakmul, Camp.	Ecotono de la Parc. Quemada.	Parcela Quemada.
Junio 2003	2.3231	2.2314	1.4376	1.4610
Agosto 2003	2.8213	2.3088	2.3472	2.0395
Octubre 2003	2.7525	1.9988	2.6093	1.7127
Febrero 2004.	---	---	2.0961	2.3528

Por los resultados obtenidos, el sitio que posee la mayor biodiversidad fue el sitio mejor conservado en este caso el km. 34 de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, siguiéndole el de la aguada, el cual es el área de reforestación y está en buen estado de conservación. Los siguientes son el ecotono y la parcela quemada. Los resultados de Biodiversidad corresponden a todos los sitios de muestreo de junio a octubre de 2003.

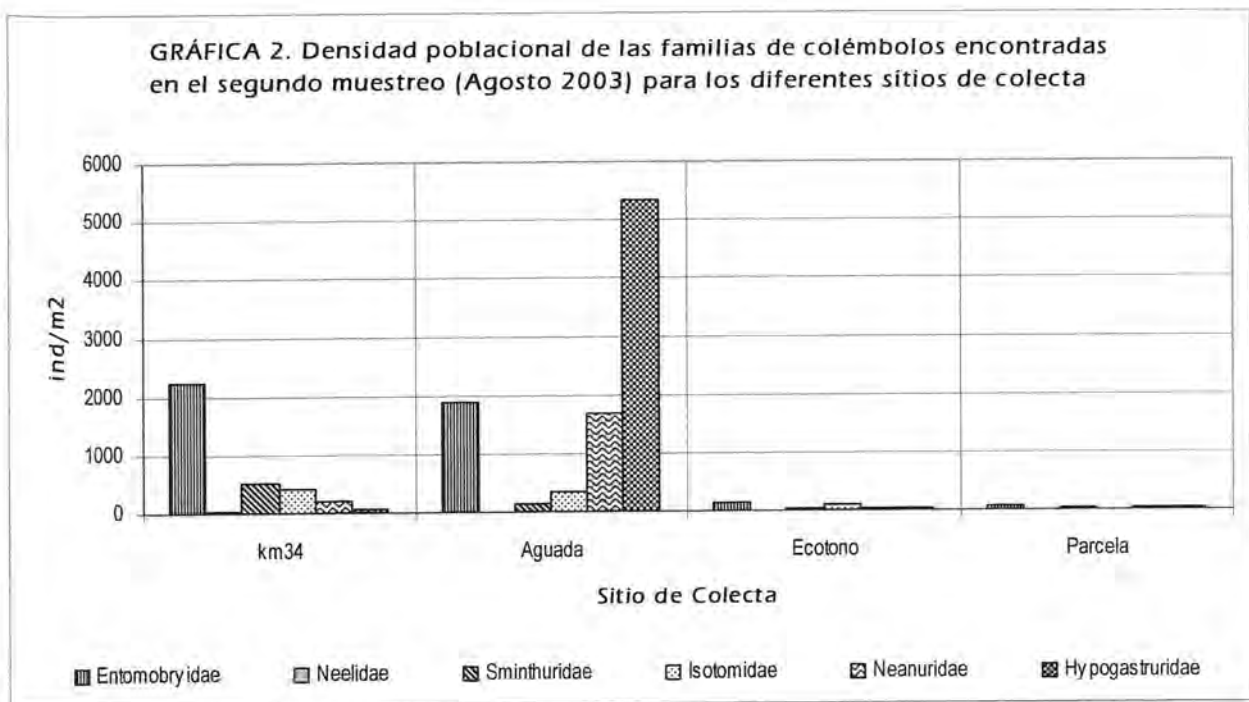
Mientras que para el ecotono y la parcela quemada se realizó un muestreo más en Febrero de 2004. a diez meses de realizada la práctica de cultivo de roza, tumba y quema. En donde se obtuvieron para el ecotono 1895 ind/m² agrupadas en 21 spp, en tanto que para la parcela quemada solamente se registraron 16 spp. de una densidad de colémbolos de 355 ind/m².

La gráfica 1 representa la densidad poblacional de colémbolos para los diferentes sitios de colecta durante el primer muestreo realizado en junio de 2003, en donde se observa la presencia de las diferentes familias de colémbolos. En el km. 34 se encuentran representantes de seis familias: Entomobryidae, Neelidae, Sminthuridae, Isotomidae, Neanuridae e Hypogastruridae; igual para el área de reforestación, mientras que para el ecotono solo se encontraron tres de ellas, las cuales son: Entomobryidae, Neanuridae e Hypogastruridae, mientras que para la parcela quemada solamente se encontraron ejemplares de dos familias: Entomobryidae y Neanuridae.



La gráfica No. 2 muestra la densidad poblacional de los colémbolos que se registra en el segundo muestreo realizado en agosto de 2003. En el km. 34 siguen presentes las 6 familias de colémbolos que son: entomobridos (2215 ind/m²), nelidos (30 ind/m²), esminturidos (500 ind/m²), isotomidos (395 ind/m²), neanuridos (190 ind/m²) e hypogastruridos (60 ind/m²). En la aguada se encontraron entomobryidos (1895 ind/m²), esminturidos (130 ind/m²), isotomidos (345 ind/m²), neanuridos (1665 ind/m²) e hypogastruridos (5365 ind/m²). Para el ecotono la densidad poblacional de colémbolos

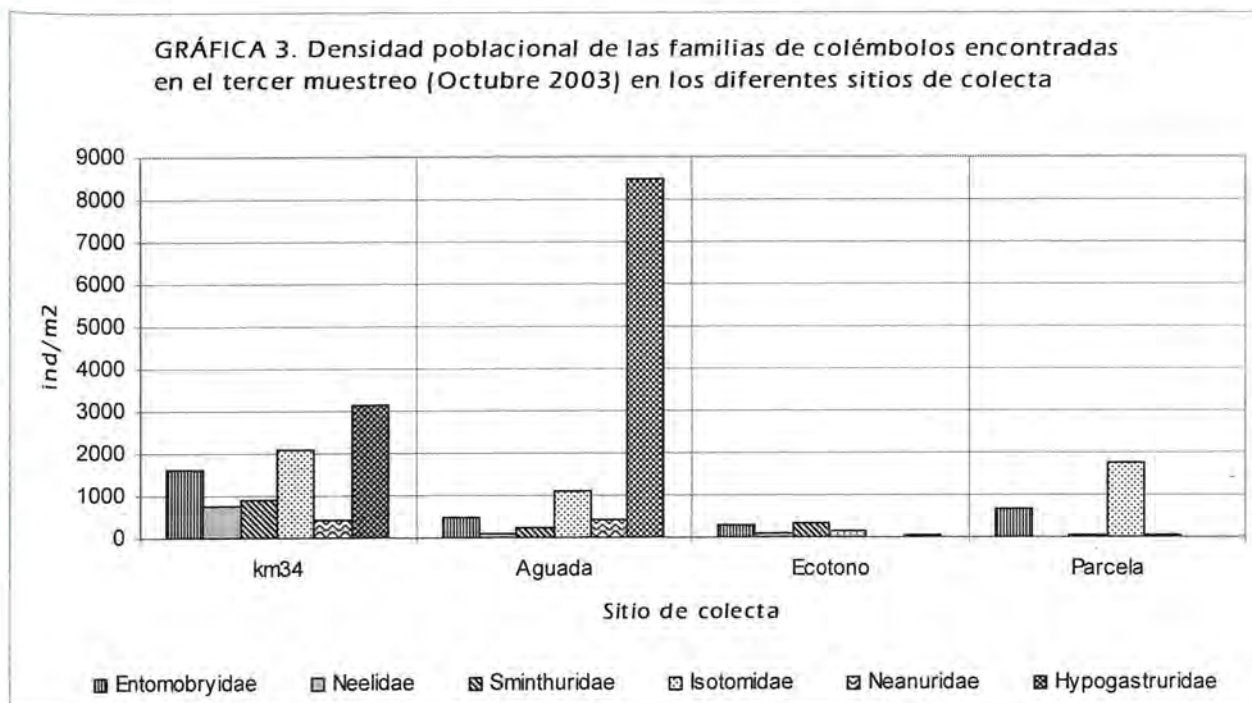
estuvo conformada de la siguiente manera: entomobridos (140 ind/m²), esminturidos (20 ind/m²), isotomidos (90 ind/m²), neanuridos (45 ind/m²), hypogastruridos (45 ind/m²). Para la parcela quemada se obtuvieron los siguientes resultados entomobridos (60 ind/m²), nelidos (0 ind/m²), esminturidos (30 ind/m²), isotomidos (5 ind/m²), neanuridos (35 ind/m²) e hypogastruridos (30 ind/m²). Tomando en cuenta la densidad poblacional (número individuo x m²) presente en lo diferentes sitios de colecta y el comportamiento de esta a lo largo del tiempo de muestreo podemos observar que la práctica de la roza tumba y quema tiene un impacto muy significativo sobre la fauna del suelo y muy especialmente sobre los colémbolos que son organismos muy sensibles a los cambios ambientales como son: la humedad, temperatura, pH y la pérdida de vegetación, precipitación y otros.



En la gráfica No. 3 se muestran los resultados obtenidos del muestreo efectuado en octubre de 2003. En el km 34 se registro la siguiente densidad poblacional de colémbolos: entomobridos (1615 ind/m²), nelidos (760 ind/m²), esminturidos (900 ind/m²), isotomidos (2090 ind/m²), neanuridos (410 ind/m²) e hypogastruridos (3135 ind/m²). En la aguada: entomobridos (485 ind/m²), nelidos (75 ind/m²), esminturidos (235 ind/m²), isotomidos (1105 ind/m²), neanuridos (420 ind/m²) e hypogastruridos (8500 ind/m²). El ecotono muestra una recuperación, ya que se registran varias familias de colémbolos como:

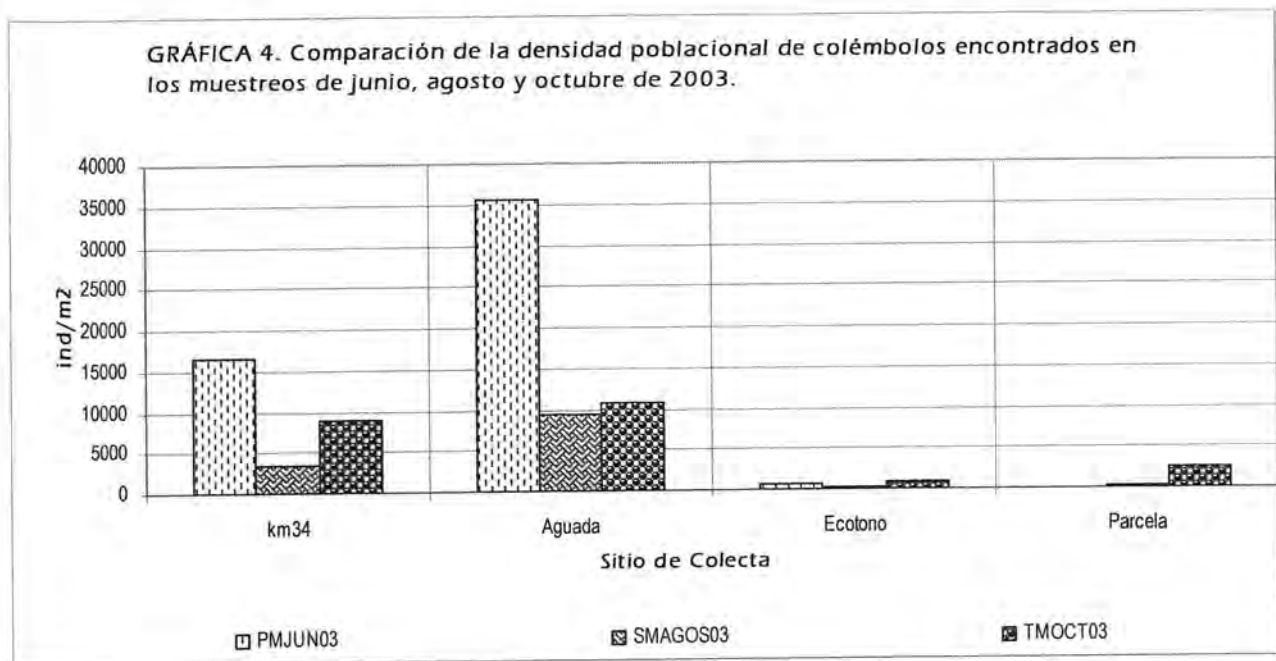
entomobridos (275 ind/m²), nelidos (115 ind/m²), esminturidos (320 ind/m²), isotomidos (150 ind/m²), neanuridos (10 ind/m²) e hypogastruridos (20 ind/m²). Para la parcela quemada igualmente se puede notar el incremento de las familias de colémbolos dentro de las que se encuentran los siguientes: entomobridos (680 ind/m²), nelidos (15 ind/m²), esminturidos (55 ind/m²), isotomidos (1750 ind/m²), neanuridos (65 ind/m²) e hypogastruridos (0 ind/m²).

En los muestreos de octubre apenas se empieza a recuperar la fauna pero solo dos familias están representadas con una cierta recuperación que son: Entomobryidae e Isotomidae.



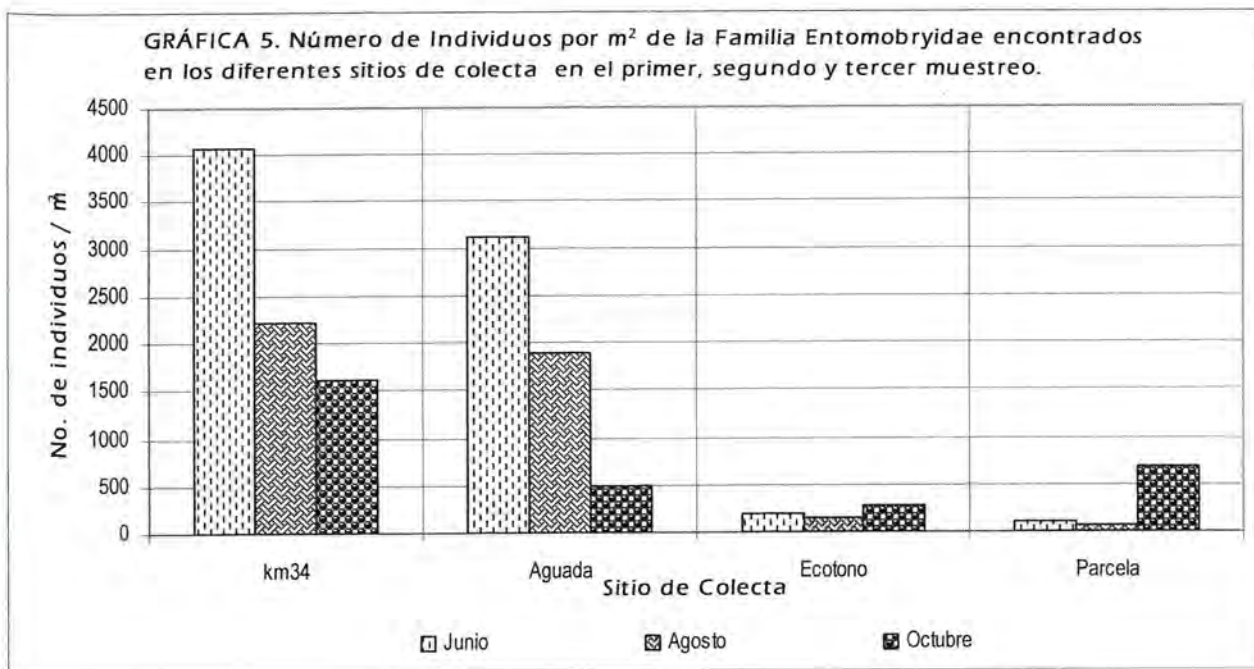
La gráfica 4 muestra densidad (No. de Individuos/m²) de los colémbolos registrados en los muestreos realizados en junio, agosto y octubre de 2003, para los diferentes sitios de colecta que fueron: en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche; km. 34, Aguada, Ecotono y Parcela quemada. En el km. 34 en junio se encontraron 16,605 ind/m², en la aguada fueron 35,725 ind/m², en ecotono se registraron 610 ind/m² y para la parcela quemada 105 ind/m². En el segundo muestreo se registraron en el km. 34, 3,390 ind/m², en la aguada 9,400 ind/m², en el ecotono 340 ind/m² y 160 ind/m² en la parcela quemada. En el muestreo realizado en octubre la densidad total de colémbolos fue: km. 34, 8,910 ind/m², la aguada con 10,820 ind/m², en el ecotono 900 ind/m² y 2,565 ind/m² para la parcela quemada. Al observar la gráfica se puede observar que para el km. 34 y la

aguada se mantiene la densidad poblacional, esto debido a que las condiciones ambientales no varían mucho durante este tiempo mientras que para el ecotono y la parcela quemada las condiciones ambientales fueron totalmente alteradas por lo que tanto las condiciones físico-químicas del suelo como la biodiversidad del sitio se ve seriamente alterada por la roza tumba y quema. En el ecotono se observa que la densidad poblacional disminuyó drásticamente por los efectos del fuego en la parcela, en tanto que en la parcela casi se eliminó la población de colémbolos. En octubre se observa que después de la roza-tumba- quema hay una leve recuperación de la fauna la cual está dada por la presencia de especies de colémbolos que suelen vivir en sitios alterados. Como son: *Pseudachorutes simplex*, *proisotoma minuta*, *Isotomurus (Hydroisotoma) sp*, *Isotoma flora*, *Orchesella sp*, *Sinella sp*, *Lepidocyrtus sp2*, *Lepidocyrtus ca. beaucatcheri*, *Lepidocyrtus cinereus*, *Salina sp1*, *Sphaeridia serratus*, *Collophora ca. quadriculata*, *Dicyrtoma (Ptenothrix) beta*, *Dicyrtoma (Ptenothrix) delongi*, *Neosminthurus clavatus*, *Neelides diana*.



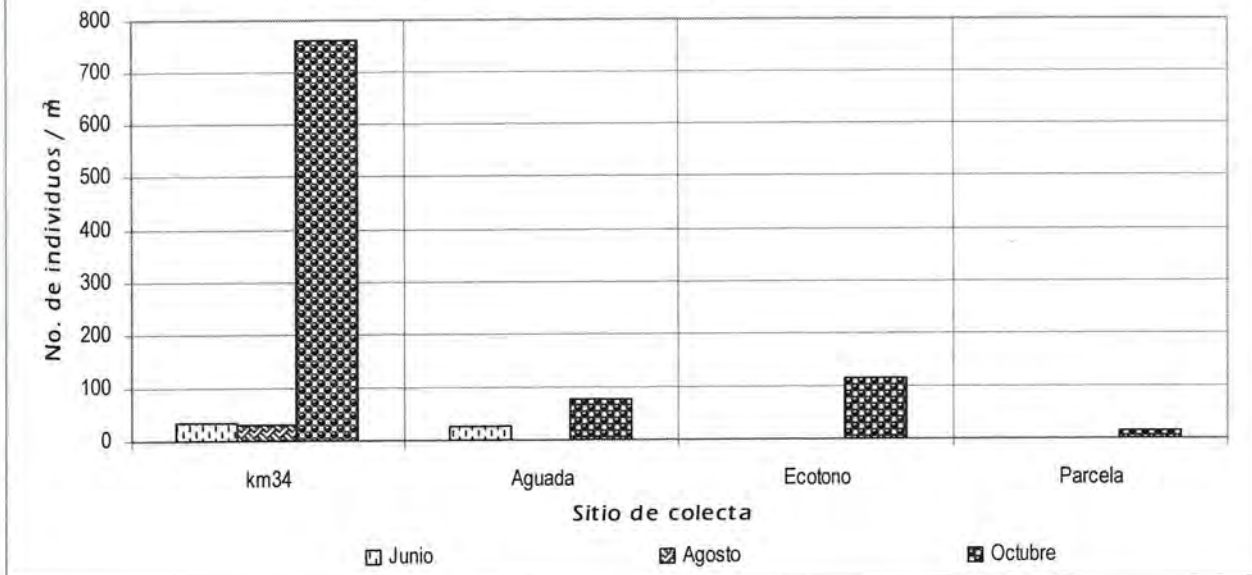
La gráfica 5 muestra la composición de los colémbolos entomobridos registrados en los diferentes sitios de colecta en junio, agosto y octubre de 2003. Para el Km 34, se registraron 4,705 ind/m² conformada por 10 spp. en junio; en agosto 3,390 ind/m² (11 spp) y en octubre 8,910 ind/m² (16 spp). Par la aguada en junio se registraron 14 spp con

9,400 ind/m², en tanto que para octubre se registraron 10 spp con 10,820 ind/m². En el ecotono se hallaron en junio 610 ind/m²(2 spp); en agosto 340 ind/m²(6 spp) y en octubre 900 ind/m² con 6 spp. Y finalmente para la parcela quemada en junio 100 ind/m² con 5 spp, en agosto 60 ind/m² con 3 spp registradas y en octubre con 680 ind/m² se registraron 6 spp.



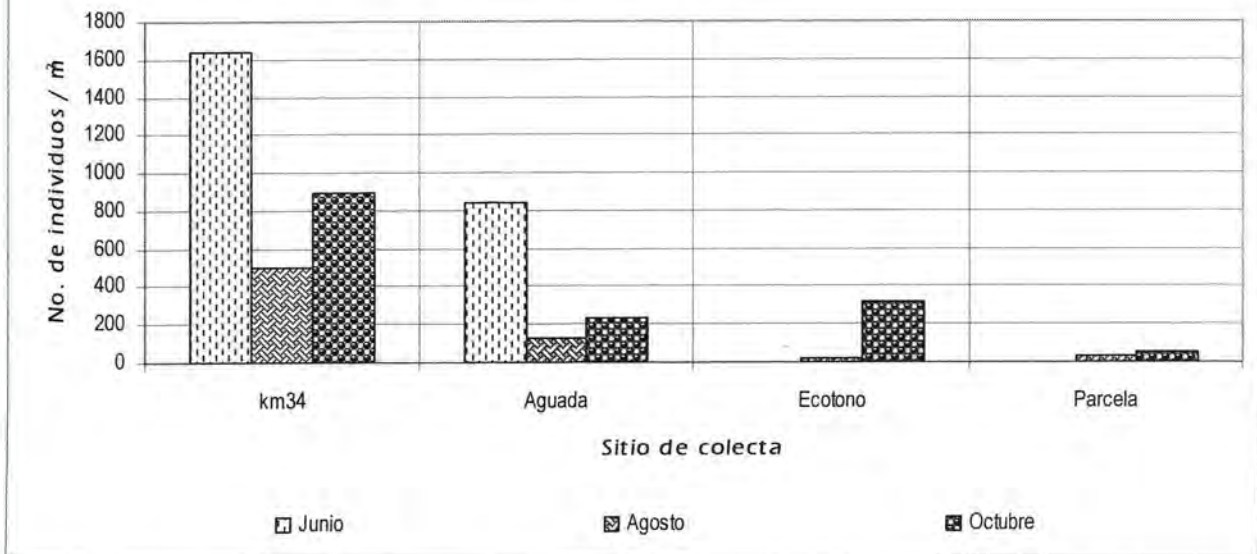
La gráfica 6 muestra la composición específica de la familia Neelidae encontrada durante el presente estudio. Registrándose para el km. 34 la población más alta en el presente estudio de junio a octubre de 2003; para la aguada se encontró en dos muestreos en el realizado en junio y octubre; mientras que para el ecotono y la parcela quemada aparecieron hasta en octubre; las especies que estuvieron presentes fueron: *Neelus murinus* y *Neelides diana* (Tabla 1).

GRÁFICA 6. Número de Individuos por m² de la Familia Neelidae encontrados en los diferentes sitios de colecta en el primer, segundo y tercer muestreo.



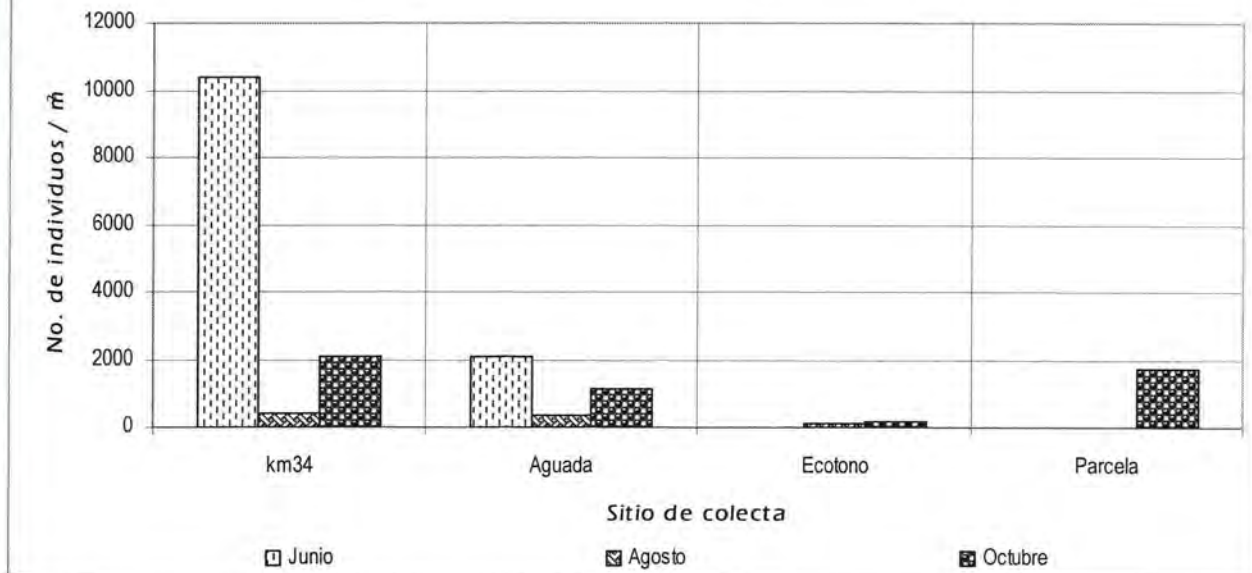
Los esminturidos están representados en la gráfica 7, en donde podemos observar que en el km. 34 y la aguada se mantiene una población constante para todos los muestreos. En junio en el km. 34 se registraron 1,645 ind/m² agrupados con 16 spp., en tanto que en la aguada se registraron 845 ind/m² (11 spp), en el ecotono y la parcela quemada no se registraron esminturidos. En agosto se registraron 500 ind/m² que corresponden a 13 spp. para el km 34; en la aguada se registraron 130 ind/m² (9 spp); para el ecotono 20 ind/m² (3 spp) y con 2 especies en la parcela quemada con 30 ind/m². En octubre aparecen los esminturidos en los cuatro sitios de colecta: en el km 34 con 900 ind/m² (10 spp); en la aguada 235 ind/m² (9 spp); en el ecotono 320 ind/m² (6 spp) y en la parcela quemada con 55 ind/m² (5 spp). Las especies registradas se muestran en la Tabla 1.

GRÁFICA 7. Número de Individuos por m² de la Familia Sminthuridae encontrados en los diferentes sitios de colecta en el primer, segundo y tercer muestreo.



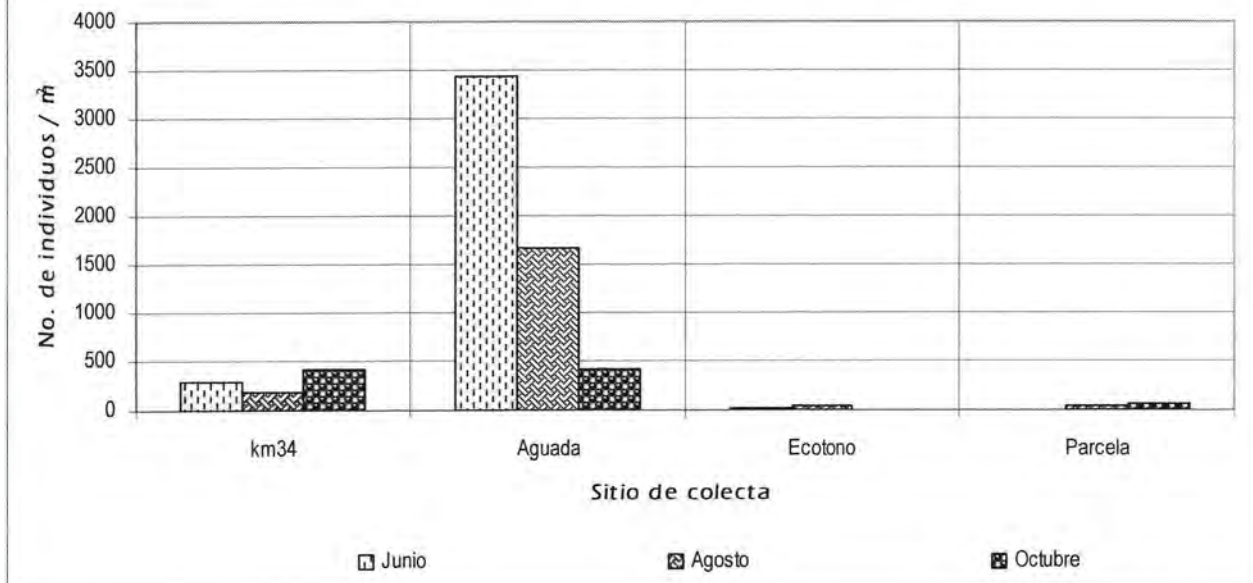
En la gráfica 8 se representa la población de isotomidos registrados durante el presente estudio. En donde para el km 34 se obtuvieron en el mes de junio 10,385 ind/m² (9 spp); en agosto 395 ind/m² (7 spp) y en octubre 2,090 ind/m² (8 spp). Siendo el km 34 el sitio que registró la mayor riqueza de especies y densidad de isotomidos. En la aguada se registraron 2,080 ind/m² (8 spp); en agosto 345 ind/m² (7 spp) y para el muestreo realizado en octubre se registraron 1,105 ind/m² (7 spp). Mientras tanto para el ecotono y la parcela quemada es hasta agosto que se registran 90 ind/m² (3 spp) y 5 ind/m² (1 spp) respectivamente. En octubre nuevamente se registran, en el ecotono 150 ind/m² (4 spp) y para la parcela quemada se registraron 1,750 ind/m² (3 spp). Tabla 1.

GRÁFICA 8. Número de Individuos por m² de la Familia Isotomidae encontrados en los diferentes sitios de colecta en el primer, segundo y tercer muestreo.



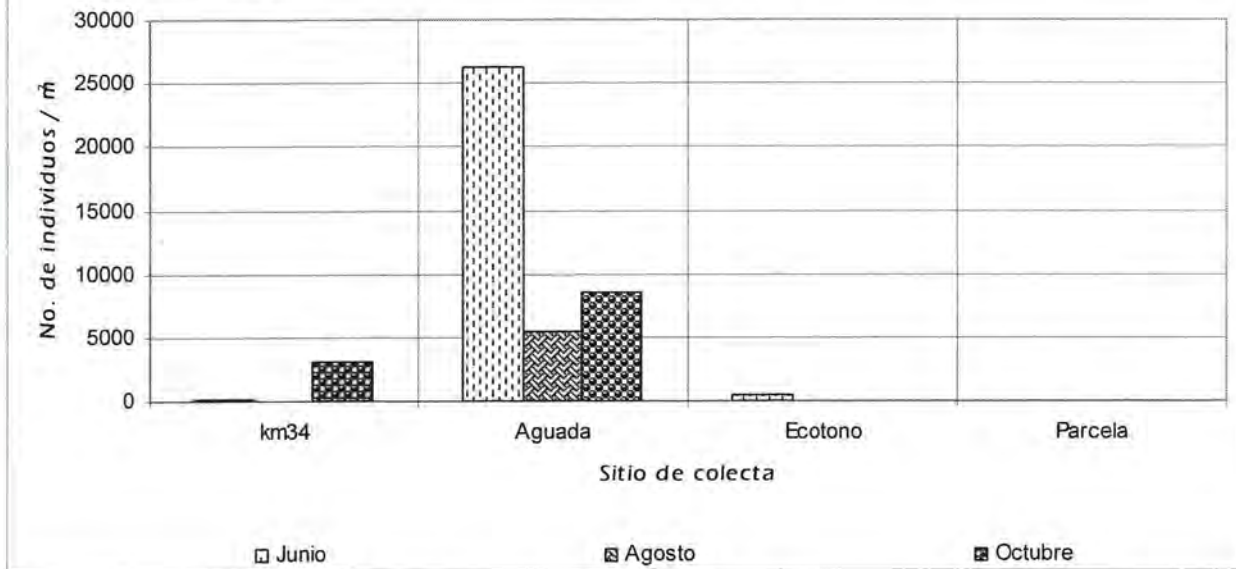
La gráfica 9 representa a la familia Neanuridae registrados en los diferentes muestreos de junio a Octubre; así tenemos que para el km 34 en junio 290 ind/m² (4 spp), en agosto 190 ind/m² (3 spp) y en octubre 410 ind/m² (5 spp). En la aguada se registraron en junio 3,430 ind/m² (2 spp), en agosto 1,665 ind/m² (2 spp); en octubre 420 ind/m² (4 spp). Para el ecotono solo se registraron en junio 25 ind/m² las cuales corresponden en 1 spp, en agosto 45 ind/m² (2 spp), en octubre 10 ind/m² (2 spp) y finalmente para la parcela quemada en junio 5 ind/m² (1 spp), en agosto 35 ind/m² (1 spp) y en octubre 65 ind/m² (1 spp).

GRÁFICA 9. Número de Individuos por m² de la Familia Neanuridae encontrados en los diferentes sitios de colecta en el primer, segundo y tercer muestreo.



La gráfica 10 representa el número de individuos de la familia Hypogastruridae registrados en los diferentes sitios de colecta durante los estudios realizados entre junio y octubre de 2003. Para el km. 34 en junio se halló 175 ind/m² (4 spp); en agosto 60 ind/m² (5 spp), en octubre 3135 ind/m² (6 spp). En la aguada en junio se registraron 26,225 ind/m²(4 spp), en agosto 5365 ind/m² (5 spp) y en octubre 8500 ind/m² (6 spp). En tanto que para el ecotono 390 ind/m²(2 spp) en junio, en agosto 45 ind/m² (3 spp) y en octubre 30 ind/m² (1 spp). Para la parcela quemada solo en agosto se registraron 30 ind/m² (1 spp).

GRÁFICA 10. Número de Individuos por m² de la Familia Hypogastruridae encontrados en los diferentes sitios de colecta en el primer, segundo y tercer muestreo.



El efecto del fuego sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos forestales puede variar de nulo a profundo dependiendo del tipo de suelo, del contenido de humedad del mismo, de la intensidad y duración del fuego, de la cantidad de material vegetal consumido y de las condiciones climáticas tras el incendio (Chandler et al., 1983; Sanroque et al., 1985). El incremento en la disponibilidad de nutrientes que se detecta tras el fuego se debe a la deposición de las cenizas, al calentamiento y a los cambios post-fuego que incrementan las tasas de mineralización (Raison, 1979).

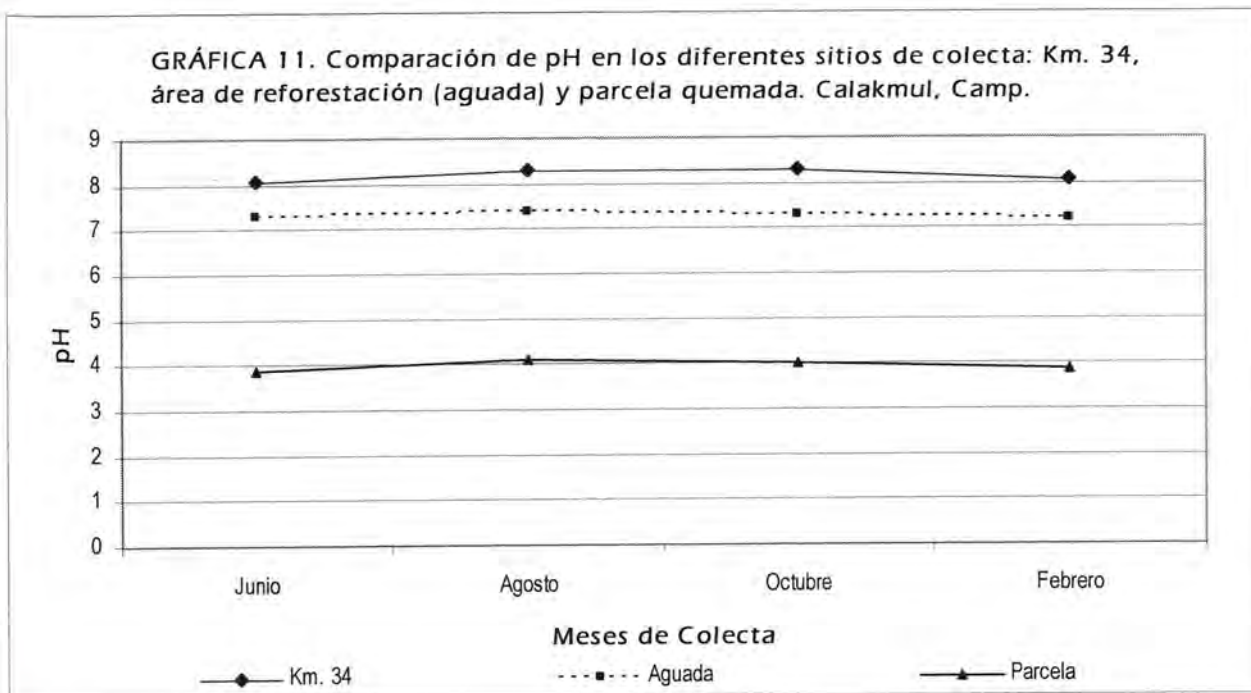
El estudio de las propiedades del suelo son necesarias para conocer cómo y en qué medida el fuego afecta los ecosistemas forestales y áreas destinadas a la agricultura bajo el sistema de roza, tumba y quema.

En la Gráfica 11; se puede observar que para los sitios de colecta del Km. 34 de Calakmul y la aguada el pH se mantiene constante. En el Km. 34 en los diferentes periodos de muestreo realizados se obtuvieron los siguientes datos: en junio se obtuvo un pH de 8.1; 8.3 en Agosto y octubre; y en el último muestreo hubo una reducción de pH a 8.1. Básicamente el pH siempre se mantiene en valores básicos, lo que se debe a que este sitio se encuentra en buen estado de conservación. Para la aguada los valores de pH tienden a

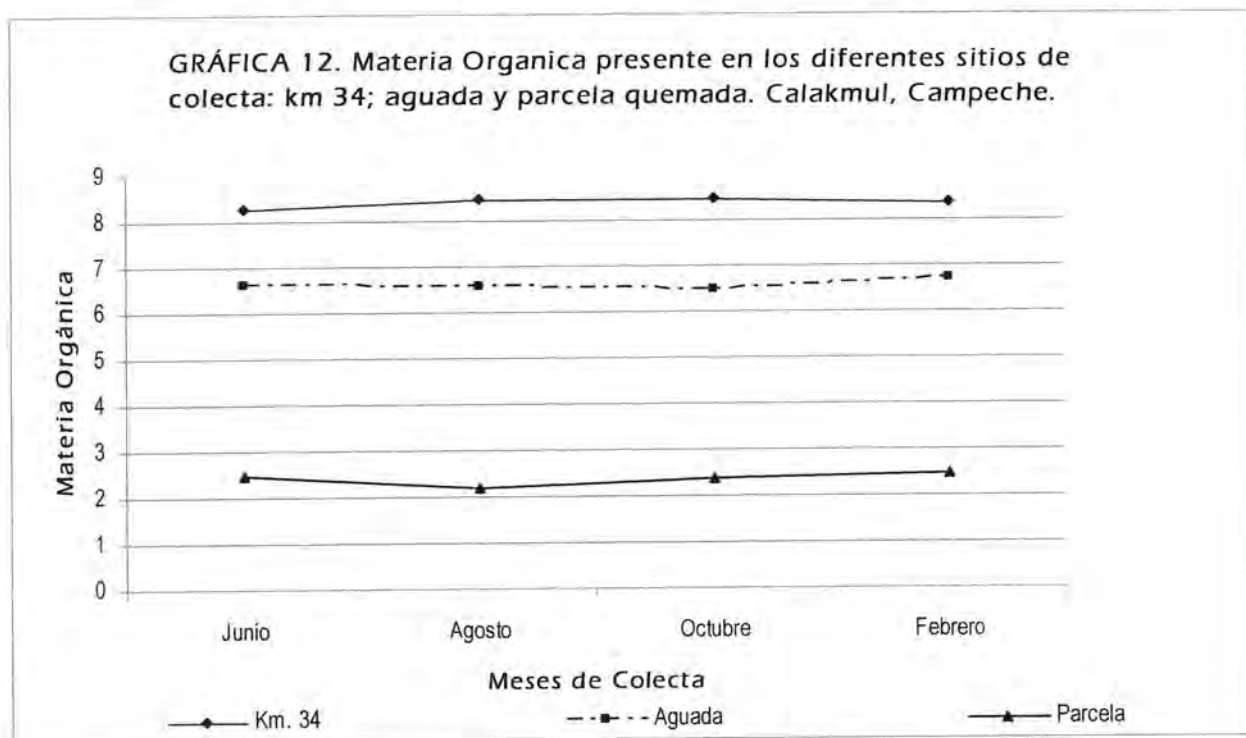
lo básico al igual que para el Km. 34, debido a que esta es un área de reforestación donde las condiciones de conservación se mantienen; los resultados que se obtuvieron de los muestreos de junio, agosto, octubre y febrero son los siguientes 7.3, 7.4, 7.3, 7.2 respectivamente.

Al hacer un análisis de los datos obtenidos para la parcela quemada; los valores reflejan una disminución en el pH y los suelos tienden a ser más ácidos. Los resultados obtenidos para los diferentes muestreos realizados en junio, agosto, octubre y en febrero son los siguientes: 3.9, 4.1, 4, 3.9 respectivamente; lo que permite ver una leve recuperación en los suelos, pero el pH al término del muestreo resulta ser el mismo cuando la parcela fue quemada inicialmente, lo que permite explicar que los suelos que fueron expuestos a la técnica de roza tumba y quema, tienen un periodo muy largo para la recuperación, ya que tanto en pH como en la materia orgánica existe muy poca recuperación a pesar de que los suelos no han sido quemados en un periodo de diez meses aproximadamente.

Maycotte *et al* (2002); comentan que para el caso del pH, ocurre un fenómeno inverso, pues los valores en el sitio quemado tienden a reducirse con el tiempo, produciendo un efecto de acidificación del suelo.

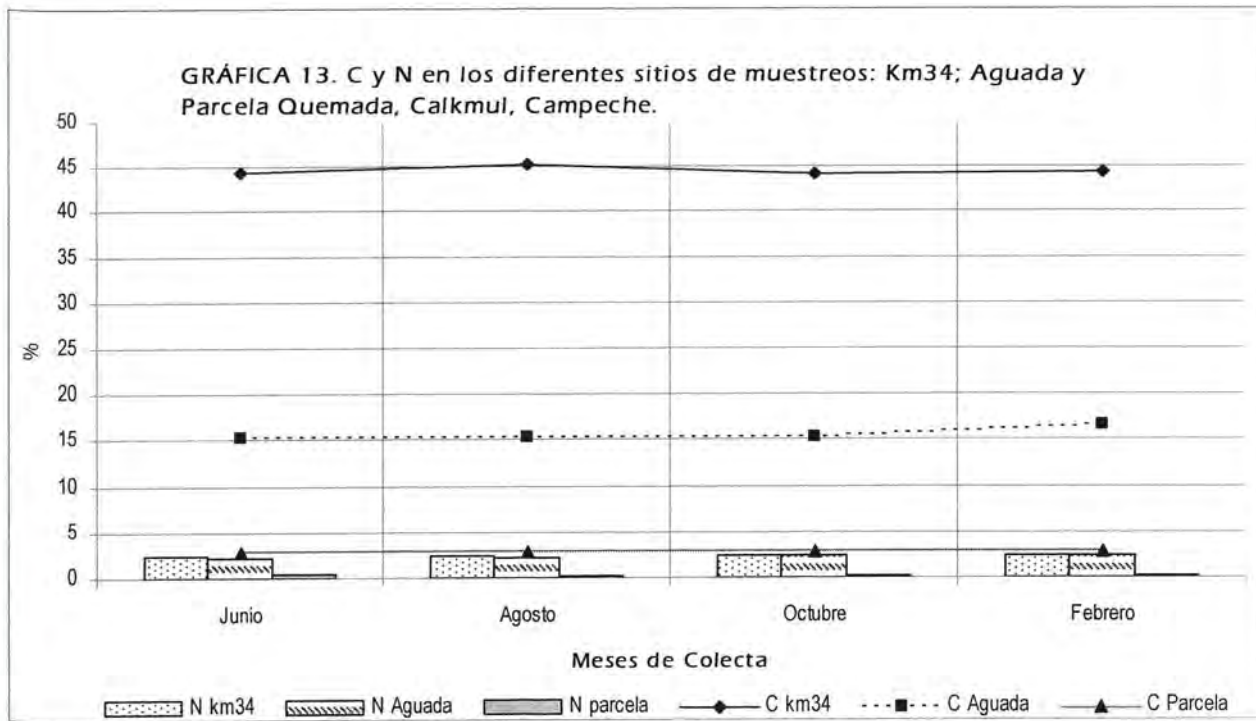


La humedad contenida en los suelos está estrechamente relacionada con el contenido de materia orgánica presente en los suelos, lo que se puede observar en la grafica No. 12 de Materia orgánica y en la de humedad relativa que mantienen un comportamiento similar si los sitios de colecta mantienen un buen estado de conservación, la humedad y la materia orgánica son similares; mientras que para el sitio alterado en este caso para la parcela quemada se tiene que los valores son muy bajos y básicamente tienen el mismo patrón tanto la humedad como la materia orgánica. Gráfica 12.



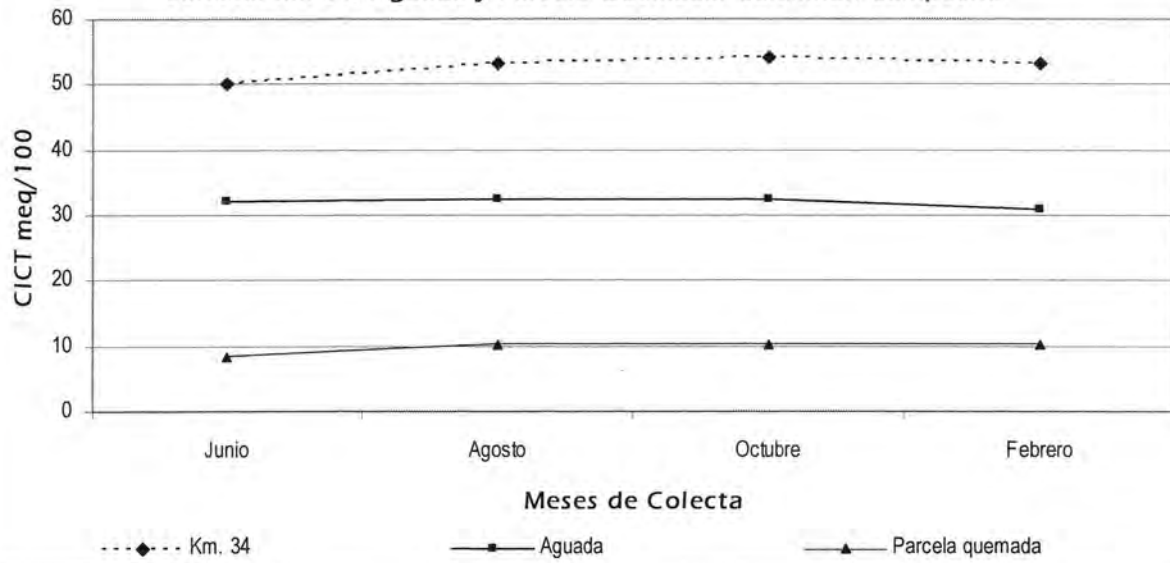
La mayor modificación en los parámetros químicos del suelo afectado por el fuego tiene lugar en el contenido de carbono. El porcentaje de carbono disminuye en la capa superficial en comparación con las muestras control. Esta reducción puede ser debida en parte a la destrucción de la hojarasca y a las diferencias previas entre la zona control y la quemada debido a la heterogeneidad del suelo. (Marcos, 1999). En la gráfica 13 se observa que para los sitios en buen estado de conservación se mantiene el contenido de Carbono. Para el Km. 34, siendo 17.33 meq/100, mientras que para el área de reforestación había una variación levemente significativa aunada a la recuperación del suelo que fueron de 15.2 a 16.5 meq/100. Para la parcela quemada no se observaron

muchos cambios ya que básicamente los valores obtenidos de carbono fueron de 2.8 meq/100 inicialmente, bajando posteriormente a 2.7 meq/100 durante los dos siguientes muestreos y habiendo una mejora en el último pero no siendo esta muy significativa con un valor en carbono de 2.9 meq/100.



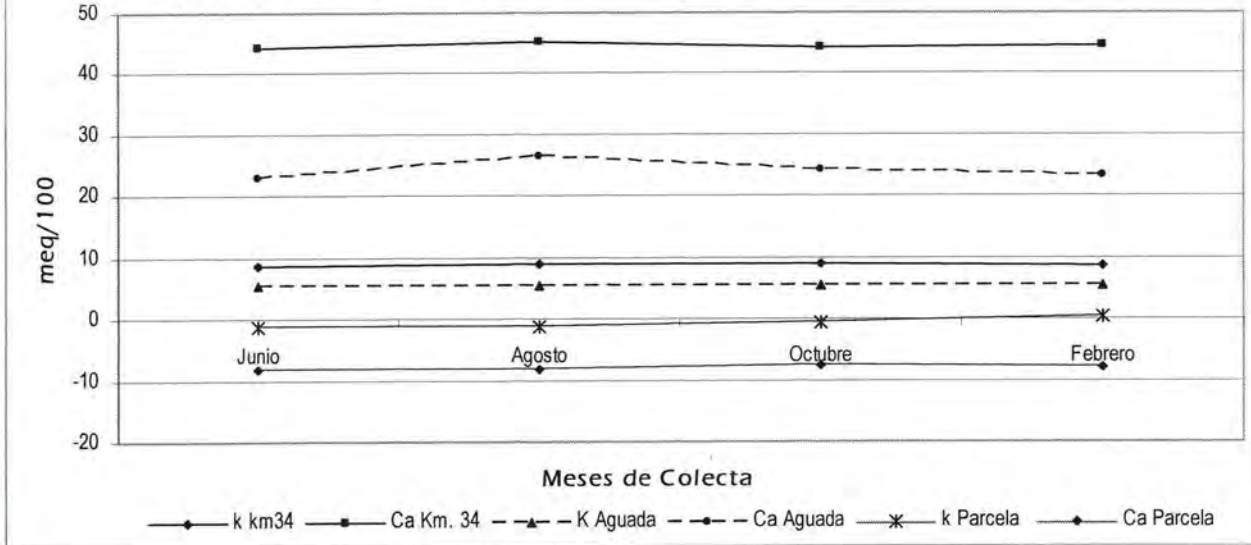
El hecho de que la parcela quemada tuviera un contenido de CICT muy baja puede estar relacionado con la dificultad de que se produzca intercambio catiónico en zonas de pH muy ácido (Marcos, 1999). La gráfica 14 muestra que para los sitios mejor conservados los valores de CICT son altos y se mantienen, ya que no sufren cambios; pero en comparación al sitio quemado se tiene que el pH es igual que elemento determinante en otros factores como en el caso de CICT que no muestra una recuperación rápida y baja respecto a los sitios testigos.

GRÁFICA 14. Comparación de CICT (meq/100) de los diferentes sitios de colecta: Km 34, Aguada y Parcela Quemada. Calakmul, Campeche.



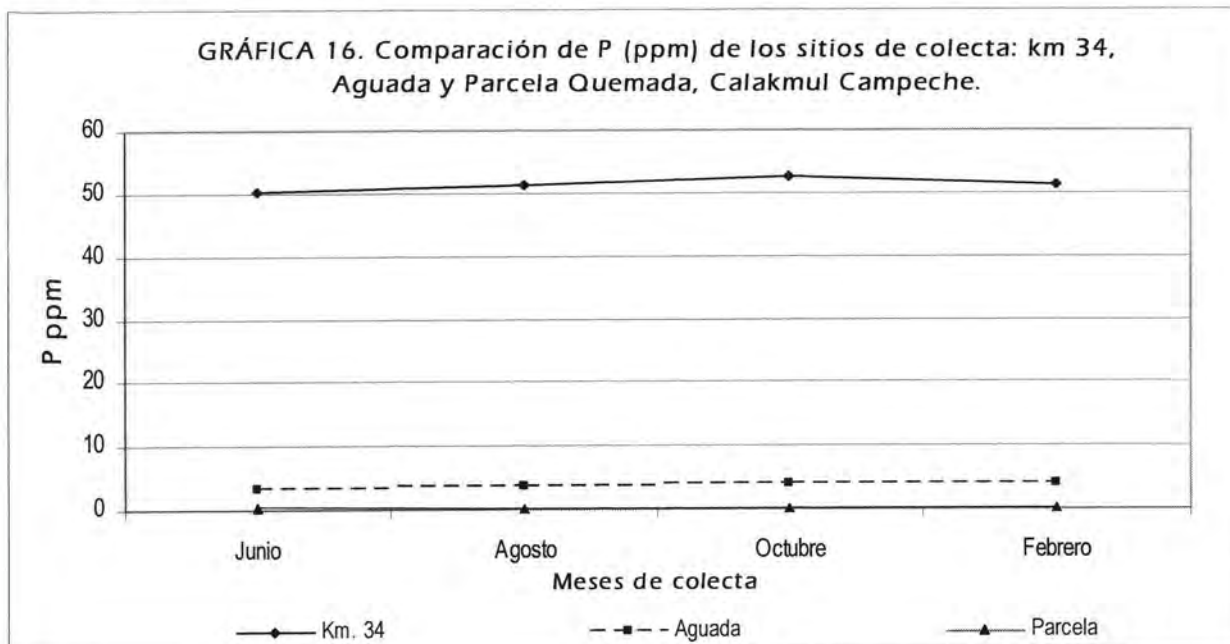
Tras el incendio el contenido de fósforo asimilable es menor que en los suelos control. La causa de que el contenido de fósforo asimilable sea más bajo después del incendio podría estar relacionada con las lluvias que tuvieron lugar tras el mismo y que han producido un lavado hacia el interior del suelo. En el km 34 de Calakmul y la aguada se observaron cambios significativos que se deben a que los suelos conservan su buen estado de conservación. Sin embargo, en la parcela quemada hubo un incremento relativamente significativo a los diez meses después de haberse realizado la quema de la vegetación y el suelo.

GRÁFICA 15. Comparación de K y Ca de los diferentes sitios de colecta: km 34, Aguada y Parcela Quemada. Calakmul, Campeche.



Las principales alteraciones en el suelo, inmediatamente después del incendio se notaron en la disminución del contenido de carbono, fósforo asimilable, potasio y magnesio solubles. Sin embargo, estos cambios no pueden ser solamente atribuidos al incendio sino también a la propia heterogeneidad del suelo y a los cambios ambientales que se producen tras el mismo. (Úbeda, 2001). Ver las gráficas 15 y 16.

GRÁFICA 16. Comparación de P (ppm) de los sitios de colecta: km 34, Aguada y Parcela Quemada, Calakmul Campeche.



La calidad de los suelos esta estrechamente relacionada con los procesos de sucesión ecológica. La degradación de los ecosistemas por regla general trae consigo una disminución en la calidad de los suelos y una regresión en la sucesión vegetal. Los suelos que se desarrollan bajo una vegetación madura, presentan una alta calidad ambiental y funcionan como sistemas en equilibrio, activos y estables (Fisher and Bynkley , 2000; Doran and Parkin, 1996).

El mayor o menor grado de regeneración de la vegetación, parece estar relacionada con la variación de algunas características edáficas más directamente relacionadas con la calidad del suelo. En la actualidad los matorrales se desarrollan sobre suelos poco profundo, pedregosos, arenosos y con cierto grado de compactación, mientras que las formaciones arbóreas lo hacen preferentemente en suelos mas profundos, con un menor contenido de elementos gruesos y una proporción de las fracciones texturales más finas.

Los datos analíticos indican también que la regeneración de la vegetación arbórea, esta asociada a una mejora notable de calidad de suelo mediante un proceso de andosolización

- a) Incremento significativo del contenido de materia orgánica total y humificada y ácidos húmicos
- b) Incremento en la porosidad de la capacidad de retención de agua y del grado de desarrollo de la estructura.
- c) Aumento progresivo de la capacidad de retención de fosfato y de la formación de complejos organolépticos.

Por el contrario, las formaciones de matorral de degradación o aquellas con bajo grado de regeneración se asocian a suelos de baja calidad dominados por procesos de leptosolización o suelos degradados por la erosión, favorecidos por las características escasamente protectoras de la vegetación.(Arbello, et al. 2002.)

La fauna del suelo (artrópodos e invertebrados) contribuyen de manera muy importante en los procesos biológicos del suelo, de el ciclo de nutrientes y la estructura misma del suelo. Las diversas propiedades o funciones de la fauna del suelo pueden ser utilizados como indicadores de calidad de suelo: La presencia específica de organismos y de sus poblaciones así como análisis de comunidades (grupos funcionales y biodiversidad)

La calidad del suelo es evaluada a partir de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Los suelos deben ser vistos por la integración de todos estos sistemas.

IX. DISCUSIÓN.

En el estudio efectuado en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Se identificaron un total de 59 especies de colémbolos. Los cuales pueden ser utilizados como la base para estudios ecológicos futuros en la Reserva.

De las áreas de colecta, el km. 34, de la Reserva de la Biosfera de Calakmul fue la que presentó la mayor riqueza específica de especies en todos los muestreos realizados. Ya que la riqueza de especies mínima fue de 40 y la máxima de 47 especies de colémbolos registrados. Este sitio es el mejor conservado ya que además de encontrarse en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera de Calakmul presenta una serie de características físicas y químicas edáficas que influyen en la composición de los colémbolos, tanto a nivel de riqueza de especies como la Biodiversidad, abundancia y densidad de poblacional.

En cuanto a la densidad poblacional (No. de individuos /m²) la más alta se registró para el área de reforestación en la RBC, ya que las condiciones de humedad y temperatura fueron las optimas para las poblaciones de colémbolos principalmente de Neanuridae e Hypogastruridae. Estas familias aparte de ser las más abundantes fueron las dominantes en el sitio de la aguada. Por otro lado la parcela quemada fue la que presentó la menor densidad poblacional reflejada en una menor riqueza y un bajo índice de biodiversidad.

El mayor abundancia y diversidad corresponde a las áreas no perturbadas, mismas que presentan las condiciones más adecuadas para las comunidades de colémbolos, que son sensibles a los cambios ambientales registrados en el suelo, principalmente, temperatura, el contenido de materia orgánica y la humedad del suelo.

La mayor densidad poblacional de los colémbolos fue registrada en la hojarasca en estado de descomposición y en la formación de suelo (humus), en el km. 34 y en la aguada. En tanto que la menor densidad y diversidad en la parcela quemada.

Los resultados obtenidos en este estudio nos permite corroborar la hipótesis planteada de que en los ecosistemas mejor conservados es donde se encuentra la mayor biodiversidad y

riqueza de especies, mientras que los sitios alterados por factores antropogénicos como la practica de la roza, tumba y quema se impacta la composición de la fauna edáfica y los organismos más sensibles a los cambios ambientales prácticamente desaparecen de los sitios impactados.

X. CONCLUSIONES.

Se analizaron 84 muestras de suelo y hojarasca de la reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche de las cuales se obtuvieron 89,530 colémbolos, en el periodo de colecta realizado de junio a octubre de 2003. El total de organismos colectados se agrupan en seis familias; 30 géneros y 59 especies.

Del estudio realizado, se pudieron conocer varias especies que pueden ser consideradas como bioindicadoras de sitios en buen estado de conservación y donde la calidad del suelo es óptima, ya que las condiciones ambientales son las más propicias para que estas especies se desarrollen en sitios conservados, estas especies son: *Xenilla acauda sp.*, *Xenilla canadensis sp.*, *Xenylla pallescens sp.*, *Odontella ca. rossi*, *Proisotoma (Appendisotoma) vesiculata*, *Folsomia candida*, *Pseudoisotoma sp.*, *Lepidocyrtus sp1*, *Lepidocyrtus griseolivata*, *Sphaeridia ca. pumilis*, *Sphyroteca confusa* y *Pseudobourletiella spinata*.

De acuerdo a los datos obtenidos en la estructura de las comunidades de colémbolos, el km. 34, presentó la mayor riqueza de especies al igual que el área de reforestación, siendo esta última la que registró el mayor número de colémbolos en comparación con los otros sitios de colecta, esto está relacionado directamente por la influencia de la humedad y los factores bióticos y abióticos que actúan sobre la composición faunística edáfica.

La densidad poblacional (ind/m^2) de los colémbolos es muy significativa en el área de la aguada (55,945 ind) con relación a las otras áreas de colecta. Los colémbolos de las familias, Hypogastruridae y Neanuridae están mejor representadas en sitios que tiene mayor humedad y la hojarasca presenta un avanzado grado de descomposición.

Los primeros colémbolos en aparecer en la parcela quemada fueron los entomobridos, ya que debido a sus características físicas y resistencia a los cambios ambientales son los que aparecen inicialmente, principalmente del género *Lepidocyrtus*. Siguiendo en orden de aparición los isotomidos, hypogastruridos, neanuridos, esminturidos y finalmente los nelidos.

Las comunidades de colémbolos después de la roza, tumba y quema, prácticamente desaparecieron del área impactada por el fuego, influyendo al igual en los sitios cercanos a él tal es el caso del ecotono, las zonas impactadas por el fuego eliminan a todos los organismos existentes en el sitio, también se impacta negativamente las características físico químicas que los suelos poseen.

El decremento de las poblaciones de colémbolos es debido a la sensibilidad que estos organismos presentan ante los cambios ambientales que ocurren drásticamente.

Los factores abióticos y bióticos, influyen directamente sobre la abundancia, riqueza y biodiversidad de los colémbolos en los sitios estudiados.

Las parcelas al ser tratadas bajo la práctica de cultivo de roza, tumba y quema, sufren un alto impacto, inicialmente al eliminar las poblaciones de organismos existentes en dichas áreas que son los que permiten que se realice el ciclo de nutrientes, aunado a esto se eliminan nutrientes que se encuentran en el suelo, además que se acidifica y, se elimina la materia orgánica. Por lo que estos suelos al estar expuestos a los cambios ambientales, pues se elimina toda la vegetación, suelen sufrir una erosión mucho más rápida ocasionada por el viento y sobre todo por la lluvia, aunque también depende el gradiente de inclinación del suelo.

La calidad del suelo se pierde, ya que en los suelos se eliminan los componentes que hacen más difícil su pronta recuperación, lo que sustenta que en las parcelas quemadas, no se obtienen los resultados esperados en la siembra del maíz.

La práctica de la roza, tumba y quema, no proporciona ninguna mejora en la calidad del suelo, ni incrementa la cantidad libre de nutrientes como son: Carbono, Nitrógeno, Potasio y otros, sino todo lo contrario las cantidades presentes de estos elementos en suelos quemados son muy inferiores a la de los suelos bien conservados y en equilibrio.

Por otro lado la pérdida de la fauna de microartrópodos es dramática, pues prácticamente desaparecen los organismos que como ya se ha visto en estudios efectuados por otros

especialistas contribuyen en la formación de los suelos y en el mantenimiento del equilibrio y buen estado de ellos.

La riqueza de especies y la Biodiversidad son excelentes herramientas que permiten a los especialistas evaluar la calidad de los suelos, como ha quedado demostrado en este estudio.

XI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Aguilera H., N. 1958. Suelos Pp: 188-202. En: E. Beltán (De.). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Tomo II. México, D. F. 177-203 p.
- Arbelo, C.D; Rodríguez Rodríguez, A. , Guerra, J.A & Mora. J.L. 2002. Calidad del suelo y sucesión vegetal en Andosoles Forestales de las Islas Canarias. *Edafología*, Vol. 9 (1), pp. 31-38, 2002
- Ardanaz, A., y Jordana, R. 1986. Estudio Ecológico sobre la fauna colembológica de las peñas de Echauri, Navarra. (Insecta, Collembola) II. Encinar. Actas de las VIII Jornadas A e E. Sevilla, España.
- Andreu, V., Rubio, J.L., Forteza, J. & Cerní, R. (1994). Long term effects of forest fires on soil erosion and nutrient losses. En: M. Sala & J.L. Rubio (Eds.) *Soil Erosion of Forest Fires*. Geoforma Ediciones, Logroño, 79-90.
- Andreu, V., Imeson, A.C. & Rubio, J.L. (2001). Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena*, 44, 69-8.
- Barrera M. A., 1962. "La Península de Yucatán como provincia biótica". *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 22: 71-105.
- Bellinger, Peter F. 1981. Collembola. In S.H. Hulbert and A. Villalobos (eds), *Aquatic Biota of Mexico, central América and West Indies*. San Diego State Univ., San Diego, California. Pág. 52-54.
- Berlanga, M. C. 1990. Las aves de Calakmul. *Revista Pronatura* 7(1), enero-marzo.
- Berlanga, M. C. y P.A. Wood, 1990. Avifauna de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche. Informe Preliminar, *Pronatura-Península de Yucatán*, Mérida, Yucatán, México.
- Blackith R.E. 1974. The ecology of Collembola in Irish blanket bogs. *Irish Academy: Irish Contribution to international Biological Programme*, 74: 203-226.
- Borner, C., 1906. Das System der Collembolen. *Mitt. Nathurt. Museum Hamburg* No. 23 Pág 147-188
- Burgues, A. y F. Raw, 1971. *Biología del suelo*. Ediciones Omega, Barcelona España. 596 pp.
- Butcher, J., Snider R. & Snider R. 1971. Bioecology of edaphic collembolan and acarina. *Ann Rev. Entomol.*, 16:249-288.
- Castañeda O. y Castañeda P, 2001 El café ecológico. Algunas recomendaciones para su cultivo, procesamiento y Comercialización. Capítulo III: Manejo del Suelo. *Vecinos Mundiales Guatemala*. III-1 a III-14 pág.

Cerdà, A. (1998). Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*, 32, 73-86.

Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D. (1983). *Fire in Forestry. Vol I: Forest Fire Behaviour and Effects*. John Wiley & Sons, New York.

Clement A. and Haq, M.A. 1984 Biology of *Pelokilla malabarica* in Clement and Haq. 1982. (Acari: Oribatei) in *Acaralogy IV*. Griffiths & Bowman eds John Wiley, New York 2:847-854.

Coronado, R. y A. Marquéz. 1972. *Introducción a la entomología y taxonomía de los insectos*. Ed. Limusa. 128-129 pág.

Coke J. G., 1991: "Nuestra herencia silenciosa". *Boletín de Amigos de Sian Ka'an*, 9: 17-20.

Cutz Pool, L.O. 1998. Estudio comparativo de la fauna colembológica edáfica (Insecta: Colembolla) del ejido Forestal de Noh-Bec, Quintana Roo, Mex. Tesis para obtener título de Licenciatura en Biología. ITCH. 75pp.

Cutz Pool, L.O., 2003. *Colémbolos edáficos de dos agrosistemas de San Salvador, Hidalgo*. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias Biológicas Sistemática). UNAM. Facultad de Ciencias. 89 pp.

Christiansen K. 1964. Bionomics of Collembola *Ann Rev. Entomol.* 9:147-178.

Deharveng L., A. Bedos & P. Leksawasdi. 1989 Diversity in tropical forest soils: The Collembola of Doi Inthanon (Thailand) 317-328pp. R. Dallai (Ed) 3^{ed} International Seminar on Apterygota. University of Siena. Siena Italy.

De la Maza E., R. y D. Gutiérrez C. 2001. "Ropalóceros de Quintana Roo. Su distribución, origen y evolución". *Rev. Soc. Mex. Lep.pp*

Delamare - Deboutteville, C. 1950. Les Dépendances du sol et les sols suspendus. Considerations sur les facteurs historiques en biocenotique. *Ann biol.* 27(4) : 107-118 pág.

Delamare- Deboutteville (1951). *Microfaune du sol. Des pays temperés et tropicaux Vie et Miliev*, Supp I: 360 pp.

Diaz-Fierros, F., Benito Rueda, E. & Pérez, M.R. (1990). Solute loss and soil erosion in burned soil from Galicia (NWSpain). En: J.G. Goldammer & M.J. Jenkins (Eds.) *Fire and Ecosystems Dynamics: Mediterranean and Northern Perspective*. SPB Academic Publishing, 103-116.

Doerr, S.H., Shakerby, R.A. & Walsh, R.P. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51, 33-65.

Doran, J.W. and Parkin, T.B. (1996). Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. En: *Methods for assessing soil quality*, J.W. Doran y A.J. Jones (eds.), Soil Science Soc. of Am., Inc., Madison, WI, 25-37.

Dove, M.R. 1983. Theories of swidden agriculture, and the political economy of ignorance. *Agroforestry Systems* 1:85-99.

Durán, G., 1987. "Descripción y análisis de la estructura y composición de la vegetación de los petenes del noroeste de Campeche, México". *Biótica*, 9 (2): 56-63.

Edwards, C.A., E.B. Dennis and D.W. Empson, 1967. Pesticidas and the soil fauna: Effects of aldrin and DDT in an arable field. *Ann. Appl. Biol.*, 60: 11-22.

Estrada-Venegas, E., Norton R., Equihua-Martínez, A.; Romero-Napoles, J. Trinidad-Santos, A. y González- Hernández H.. 1999. Ácaros oribátidos de troncos en descomposición en La Mancha, Veracruz. *Avances de Investigación. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad.*

FAO. 1970. El reconocimiento de los suelos de la península de Yucatán. Italia. Informe técnico 1, es:sf/mex 6, 51 pp.

Fisher, R.F. and Binkley, D. (2000). *Ecology and management of forest soils*. John Wiley and Sons, Inc. 3rd Ed., NY, 490 p.

Flores, J.S. 1990. Reporte preliminar de la vegetación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. UADY-Licenciatura en Biología. Mérida, Yuc. 31 pp.

Flores Guido, S., E. Ucán, J. Andrews y L.M. Ortega. 1990. Reporte preliminar de la vegetación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. UADY, Mérida, Yucatán.

Folsom, J.W. 1898. Description of species of *Machilis* and *Seira* from México. *Psyche*. 8:183-184

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, Inst. de Geogr. Méx., D. F., 246 p.

García, G. y March, I.. 1990. Elaboración de la cartografía temática base y geográfica de datos para la zona de Calakmul, Campeche. Informe final. *Ecósfera*, A. C. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 69 pp.

Gates, G. 1992. Fisiografía, geología e hidrología . In: Folan, W., J.M. García y M.C. Sánchez G. (coord.). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Calakmul. Primer borrador. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche. Secretaría de Desarrollo Social. 4 Vols.

Gaviño, G. J.C, Juárez, H.H., Figueroa. 1980. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Limusa, México. Pag. 245.

Ghilarov, M.S. 1965. *Zoological Methods of Soil Diagnosis*. (In Russian, English summary). 278 pp.

Gisin, H. 1955. Recherches sur la relation entre la faune endogée de collemboles et les qualités agrologiques de sols viticoles. Rev. Suisse Zool No. 62 Pág. 601-648.

Giovannini, G. & Lucchesi, S. (1991). Is the vegetative cover the primary factor controlling erosion in burned soils?. En: M. Sala & J.L. Rubio (Eds.) Soil Erosion and Degradation as a Consequence of Forest Fires. Geofoma, Logroño, 1-16.

Giovannini, G. & Lucchesi, S. (1993) Effects of fire on soil physico chemical characteristics and erosion dynamics. En: L. Trabaud & R. Prodon (Eds.) Fire in mediterranean Ecosystems. Commission of the European Communities. Brussels, 403-412.

Gómez Anaya J.A., 1998. Ecología de Collembola (Hexapoda, Apterygota) de Chamela Jalisco, México. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias (Biología Animal). UNAM. Facultad de Ciencias.

Goldman, E. A. y R. T. Moore., 1946. "The Biotic Provinces of México". Jour. Mamm., 26(4): 347-360.

Greene, R.S.B., Chartres, C.J. & Hodgkinson, J.M. (1990) The effects of fire on the soil in a degraded semi-arid woodland. I. Cryptogam cover and physical and microbiological properties. Australian Journal of Soil Research, 28, 755-779.

Hågvar, S. 1984. Effects of liming and artificial acid rain on Collembola and Protura in coniferous forest. Pedobiologia 27: 341-354.

Hall, E.R. 1981. The Mammals of North America. 2 vols. John Willey and Sons, Nueva York.

Hill, S.B. 1992. Common as dirt. Our subterrestrial allies are nature's most efficient recyclers. In Context 34:16-18.

Hoffmann, A., J.G. Palacios-Vargas y J. Morales, 1980. Bioecología de la cueva de Ocotitlán, Tepoztlán, Mor. XIV Congreso Nacional de Entomología. Fol. Ent. Mex. No. 43. Pág. 21-22.

Hopkin, Stephen P.. 1997. Biology of the Springtails. Insecta: Collembola. Oxford University Press. 330 pp

Inbar, M., Tamir, M. & Wittenberg, L. (1998). Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. Geomorphology, 24, 17-33.

Kennet Christiansen And Peter Bellinger, 1980. The Collembola Of North America. North Of Rio Grande. Grinnell, Iowa. Tomos I-IV. 1322 pp

Lavèlle, P., M.E. Maury & V.Serrano. 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región Laguna Verde, Veracruz época de lluvias. Reporte Técnico del Instituto de Ecología 6:75-105.

Linseau, Jean-Philippe 1996. From Mycorrhizae to Markets : An Evaluation of Agroforestry Systems in the Calakmul Model Forest, Mexico. *Monographie* 101 p

Luciañez, M.J. & Simon J.C. 1991. Estudio de la variación estacional de la colembiofauna en suelos de alta montaña en la sierra de Guadarrama (Madrid). *Miscellanea Zoológica (Barcelona)* 15: 103-113

Magunda, M.K., Larson, W.E., Linden, D.R. & Nater, E.A. (1997). Changes in microrelief and their effects on infiltration and erosion during simulated rainfall. *Soil Technology*, 10, 57-67.

Marcos, E., Tárrega, R. y E. de Luis-Calabuig. 1999. Alteraciones producidas por un incendio forestal en el suelo de una repoblación de *Pinus radiata*. *EDAFOLOGÍA* Publicada por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo Volumen 6. pág 27-35.

Maycotte M., C.C.; A. Velázquez M.; J.J. Vargas H.; A. Trinidad S.; M.A. Musálem S. y G. Vera C. 2002. Radiación fotosintéticamente activa y propiedades físico-químicas en suelos forestales con y sin incendio. *Madera y Bosques* 8(2):39-55.

Morales, Josefina; Magaña, Sergio; Maas, Sayira. 2000. Análisis de fuentes de impacto y necesidades de investigación científica y monitoreo, en Calakmul, Campeche. Pronatura Península de Yucatán: The Nature Conservancy. 35 p.

Morales Rosas, Josefina y Sergio Magaña Rueda. 2001. Fuentes de impacto, necesidades de investigación científica y monitoreo en Calakmul, Campeche. Mérida, Yucatán: Pronatura Península de Yucatán : The Nature Conservancy. 72 p.

Najt, J. 1976. Algunos Conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA, Supl.*, 29:97-105.

Nakamura, Y., Matsuzaki, I. & Itakura, J. (1992): Effect of grazing by *Sinella curviseta* (Collembola) on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* causing cucumber disease. *Pedobiologia.*, 36, 168-171.

Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Interamericana. México. 639pp.

Palacios-Vargas J. G. 1980a. Clave para familias de Collembola (Hexapoda). En: Manuales y guías para el estudio de microartrópodos. Fac. Cienc. UNAM, 2 p.

Palacios-Vargas, J.G.. 1980. Colémbolos cavernícolas del Estado de Morelos , Méx. XV Congreso Nacional de Entomología. *Fol. Ent. Méx.* 45:76-77

Palacios-Vargas J.G. 1981. Collembola asociados a *Tillandsia* (Bromeliaceae) en el derrame lavico del Chichinautzin, Morelos, México. *The Southwestern Entomologist* Vol. 6 No. 2

- Palacios-Vargas, J.G. 1981. Clasificación espeleológica de los colembolos cavernícolas de Morelos en México. *Folia Entomológica Mexicana* No. 47: 5-15
- Palacios-Vargas, J.G. 1983. Catálogo de los colémbolos mexicanos. *An. Esc. Nac. Ciencias Bio., México.* 27:61-76
- Palacios-Vargas, J.G. 1991. Manuales y guías para el estudio de microartrópodos. II Introducción a los insectos sin alas (Protura, Diplura, Collembola Thysanura). Región Neotropical. Programa: Ecología de Microartrópodos, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM 15pp.
- Palacios-Vargas, J.G. 1997. Catálogo de los Collembola de México. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. 102 pp.
- Palacios-Vargas, J.G. & J.A. Gómez Anaya. 1993. Los Collembola (Hexapoda : Apterygota) de Chamela Jalisco, México (Distribución ecológica y claves). *Folia Entomológica Mexicana*, 89:1-34.
- Palacios-Vargas, J. G., y Maes, Jean Michel. 1985 Catálogo de los Insecta Apterygota de Nicaragua-I. *Rev. Nicaragua. Ent* 4:1-7.
- Ponge, J.F. 1980. Les biocenosis des collemboles de la forest de Senart in *Actualites et écologie fores tiere* Ed. P. Pesoon 151-576 pp.
- Prieto-Trueba, D., M. M. Vázquez y C. Rodríguez. 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.*, 47 (3): 489-492.
- Raison, R.J. (1979). Modification of the soil environment by vegetation fires, with a particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil* 51, 73-108.
- Rapoport E.H. 1959. Algunos aspectos de la biología del suelo: Universidad del Sur. Extensión Cultural. Bahía Blanca, Brasil. 23 pp.
- Rapoport E.H. 1960. Formación del humus por los insectos colémbolos. *IDIA Supl.* 80pp
- Römkens, M.J.M., Prasad, S.N. & Whisler, F.D. (1990). Surface sealing and infiltration. In: M.G. Anderson & T.P. Burt (Eds.) *Process Studies in Hillslope Hydrology*. John Wiley & Son, New York, 127-172.
- Ross G. N., 1964: An annotated list of butterflies collected in British Honduras in 1961. *Jour. Lep. Soc.* 17 (4): 11-26.
- Ruthenberg, H. 1980. *Farming Systems in the Tropics* (3a. edición). Clarendon Press, Oxford.
- Sanroque, P., Rubio, J.L., Mansanet, J. (1985). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo, en la composición florística y en la erosión hídrica de zonas forestales de Valencia (España). *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 22(2), 131-147.

Simón, J.C. 1974 Estudio de los colémbolos muscícolas de un roquedo de la sierra de Guadarrama. Instituto Español de Entomología de Madrid.

Serra, A., E. Mateos., X. Parra & V. Sarlé. 1992. Estudio de los efectos de un incendio forestal sobre las poblaciones de artrópodos edáficos. *Historia Animalium*. 1:41-62.

Selga, D. 1966. Colémbolos edáficos del Prepirineo Oscense. *Actas V Congreso Intern. Pir. 2. Pirineos*, 79-80. Pág. 141-150.-JACA.

Schott, H. 1896. North America Apterygogenea. *Proc. Calif. Acad. Sci.* No. 6(2). Pág 169-196.

Smith H. M., 1941: "Las provincias bióticas de México según la distribución del género *Sceloporus*". *An. Esc. Nac. Cien. Biól.* 2 p. 103-110.

Stuart L. C., 1964: *Fauna of Middle America. Handbook of Middle American Indians*, 1; p. 316-363. R. C. West (ed.).

Tanaka, S. 1978. Day-length determination of wing form in *Pteronemobius nitidus* Bolivar (Orthoptera, Gryllidae). *Kontyû (Tokyo)*. 46: 207-217.

X. Úbeda. 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. *Edafología*. Publicada por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo Volumen 8. pág 41-49.

Vázquez G. M.M. 1999. Catálogo de Ácaros Oribatidos Edáficos de Sian Ka'an , Q.Roo Méx. Eds. Sans Serif. 126 pp.

Vázquez G. Ma. Magdalena., Cutz Pool, L.Q. 1999. Fauna colembológica de la Bahía de Espiritu Santo, Quintana Roo. *Memorias del XXXIV Congreso de Entomología, Sociedad Mexicana de Entomología, A.C.* Pág 126-128.

Vázquez G. Ma. Magdalena., Palacios-Vargas J.G. 1996. Two new Mexican species of *Microgastrura* (Collembola: Hypogastruridae) associated with mushrooms. *Folia Entomol. Mex.* 98:59-65

Vázquez G. Ma. Magdalena., Palacios-Vargas J.G. 2004. Catálogo de Colémbolos (Héxapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CONABIO-UQROO. Talleres Grafimex Impresores, S.A. de C.V. 123pp.

Wells, C.G., Campbell, R.E., Deban, L.F., Lewis, C.E., Fredriksen, R.L., Franklin, E.C., Froelich, R.C. & Dunn, P.H. (1979). Effects of fire on soils. A state-of- knowledge review. U.S.D.A. For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-7.

Mapas:

Mapa de Ubicación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul 2003 Friends of Calakmul Calakmul Biosphere Reserve. Fecha de Actualización 2003. <http://www.calakmul.org>

Mapa de Precipitación Pluvial de la Republica Mexicana, 2000. INEGI. Fecha de actualización 2005. <http://www.maquilaportal.com/mapas/precipplu.htm>

Mapa del Clima de la Republica Mexicana, 2000. INEGI. Fecha de actualización 2005., <http://www.maquilaportal.com/mapas/clima.htm>