



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO DE LA ACAROFAUNA EDÁFICA (ACARIDA:
PROSTIGMATA) EN UNA LADERA DE LA MICRO CUENCA DEL
RÍO DEXCANI, JILOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

SIONELA ITZEL MUÑOZ ARELLANO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. IGNACIO MAURO VÁZQUEZ ROJAS

2016



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme estudiar una carrera universitaria. La realización de esta tesis se llevó a cabo en los laboratorios de Acarología “Anita Hoffmann” y de Edafología “Profesor Emérito *Nicolás Aguilera*” de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Quiero agradecer a mi director de tesis el Dr. Ignacio Mauro Vázquez Rojas y a la Biol. Mercedes Guadalupe López Campos por darme la oportunidad de trabajar en el laboratorio de Acarología “Anita Hoffmann”, por todo su apoyo incondicional para concluir este trabajo, su paciencia, su comprensión y por compartir conmigo su conocimiento y experiencia sobre los ácaros.

A los sinodales que forman parte de mi jurado revisor: Dra. Rosalía Ramos Bello, Dra. Blanca Estela Mejía Recamier, Dr. Gustavo Álvarez Arteaga por su interés y apoyo a este trabajo, así como sus observaciones en el trabajo escrito, de igual manera a la M. en C. María del Socorro Galicia Palacios por su asesoría teórica y práctica en la realización de todos los análisis físico y químicos del suelo, gracias maestra Mari por su infinita paciencia y todos sus consejos.

Agradezco al M. en C. Abel Ibáñez Huerta, por haberme motivado en este proyecto, así como su apoyo durante algunos de los muestreos realizados.

A la Dra. Natalie Cabirol por facilitar el uso de las instalaciones y equipo del laboratorio de Edafología “Profesor Emérito *Nicolás Aguilera*” para realizar los análisis físicos y químicos del suelo.

DEDICATORIAS

A mi familia: mis padres Roberto y Elizabeth, por inspirarme, cuidarme y guiarme en todo momento, a mis hermanitos, Yocoyani, Erandy, Ollin y Yaretzi que han sido mis compañeros de vida, a mi esposo Natanael, por tanto amor, gracias por estar a mi lado, de igual manera a Carmen y Miroslava por todo su cariño y estar siempre pendiente de mí.

A mis amigas: Angeles, Xcitlalli, Angélica y Amanda, gracias por tantas alegrías compartidas, y por estar ahí en momentos difíciles.

A mis compañeros y maestros de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias y a todas esas personas que de alguna manera han influido en mi desarrollo personal y académico.

INDICE

	Página
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. El suelo, características y erosión	4
2.2. Los suelos y su relación con la biota	6
2.3. Características de los ácaros y su importancia en el suelo	8
2.4. Ácaros Prostigmata en el suelo	11
2.5. Estudios sobre los ácaros edáficos en México	12
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo General	17
3.2. Objetivos Particulares	17
4. HIPÓTESIS	17
5. CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
5.1. Localización Geográfica	18
5.2. Relieve	20
5.3. Hidrología	20
5.4. Geología	21
5.5. Clima	21
5.6. Vegetación y uso de suelo	22
5.7. Unidades taxonómicas de suelo	24
6. MATERIAL Y MÉTODOS	25
6.1. De campo	25
6.2. Procesamiento de las muestras	29
6.2.1. Extracción, montaje e identificación de los organismos	29
6.2.2. Análisis fisicoquímicos del suelo	30
6.2.2.1. Análisis físicos del suelo	30
6.2.2.2. Análisis químicos del suelo	31
7. RESULTADOS	32
7.1. Familias colectadas del orden Prostigmata	32
7.2. Láminas de ácaros del orden Prostigmata	33
7.3. Abundancia total de ácaros	39
7.4. Abundancia del orden Prostigmata	43
7.5. Abundancia de familias del orden Prostigmata por sitio de colecta	45
7.5.1. Bosque Conservado	45
7.5.2. Bosque Alterado	46
7.5.3. Uso Agrícola	47

	Página
7.5.4. Suelo Erosionado	48
7.6. Análisis fisicoquímicos del suelo	49
7.6.1. Análisis físicos del suelo	49
7.6.2. Análisis químicos del suelo	53
8. DISCUSIÓN	55
8.1. Familias colectadas y registros nuevos para el estado de México	55
8.2. Familias más abundantes	56
8.3. Relación de la acarofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en los distintos sitios de muestreo	58
8.4. Hábitos alimenticios de los ácaros del orden Prostigmata colectados.	62
8.5. Condiciones climáticas	63
8.6. Consideraciones finales	64
9. CONCLUSIONES	65
10. LITERATURA CITADA	67
11. ANEXOS	75
Anexo I. Cuadro de hábitos alimenticios	76
Anexo II. Diagnóstico de las familias colectadas	77
Anexo III. Descripción de métodos	85

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la ladera este de Cerro Grande en la microcuenca del río Dexcani en la comunidad Dexcani Alto en Jilotepec Estado de México, el sitio de estudio se localiza en el límite de un bosque de encino y zonas con agricultura de temporal, se eligieron cuatro sitios con diferente cobertura vegetal y uso de suelo: bosque conservado, bosque alterado, uso agrícola y suelo erosionado; Se realizaron cuatro muestreos (mayo de 2012, agosto 2012, noviembre 2012 y febrero de 2013).

El objetivo es contribuir al conocimiento de los ácaros del orden Prostigmata en esta zona, de los cuales, se identificaron 22 familias: Alycidae, Lordalycidae, Nanorchestidae, Eupodidae, Penthalodidae, Rhagidiidae, Tydeidae, Bdellidae, Cunaxidae, Stigmaeidae, Caligonellidae, Camerobiidae, Cheyletidae, Tenuipalpidae, Linotetránidae, Pygmephoridae, Scutacaridae, Adamystidae, Teneriffiidae, Erythraeidae, Smarididae y Trombidiidae, de las cuales siete son registros nuevos para el estado de México: Alycidae, Lordalycidae, Caligonellidae, Camerobiidae, Linotetránidae, Smarididae y Teneriffiidae.

Las familias más abundantes y presentes en los cuatro sitios fueron: Eupodidae, Tydeidae, Nanorchestidae y Scutacaridae.

Del total de ácaros colectados 48% pertenecen al orden Oribatida, 36% al orden Prostigmata, 14% al orden Mesostigmata y 2% al orden Astigmata.

El sitio donde se colectaron el mayor número de ácaros de cuatro ordenes (Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata y Astigmata) fue el de bosque conservado. El sitio de suelo erosionado fue en donde se colectaron el menor número de ácaros y solo se colectaron 3 ordenes (Oribatida, Prostigmata y Astigmata).

En los sitios de bosque conservado y de bosque alterado el orden más abundante fue Oribatida y en los sitios de uso agrícola y de suelo erosionado, predominó el orden Prostigmata.

Se determinaron algunas propiedades físicas y químicas del suelo, con el fin de saber cómo se ven afectadas por el cambio de uso de suelo, se observa una disminución del porcentaje de porosidad, humedad y materia orgánica, como consecuencia del cambio de uso de suelo.

1. INTRODUCCIÓN

La presión que genera la producción de bienes y servicios ha intensificado la pérdida y el deterioro de los ecosistemas terrestres, por el cambio de uso de suelo, que es quizá el factor más importante que amenaza la integridad y permanencia de los ecosistemas terrestres y su biodiversidad usos (SEMARNAT, 2016). Son diversas las causas del cambio de uso de suelo, las más comunes son el crecimiento poblacional, la ampliación de las áreas urbanizables, la explotación comercial desmedida, la deforestación y la extracción ilegal de madera; los bosques, generan además de ingresos financieros por extracción y aprovechamiento, una amplia gama de servicios biológicos, sociales y medioambientales, entre los que se encuentran, la conservación de la biodiversidad, del suelo y del agua, retención y almacenamiento de carbono para la mitigación del cambio climático y recreación (Moran y Galleti, 2002).

El estado de México cuenta con importantes recursos forestales, sin embargo el proceso de deforestación ha tenido efectos negativos, entre ellos destacan: la degradación de los suelos, la disminución de los mantos acuíferos al alterarse el ciclo del agua, la pérdida de la biodiversidad y la aparición de plagas en diversas zonas boscosas del estado. Pineda *et al.*, (2009) realizaron un estudio espacial donde los resultados mostraron que en un periodo de 9 años (1993 a 2002) el estado de México perdió 13,691 ha de cobertura forestal, superficie que en la mayoría de los casos ha sido remplazada por pastizales y por la agricultura de temporal o de riego.

En el ambiente edáfico, cerca del 90% de las poblaciones de microartrópodos está compuesta por colémbolos y ácaros (Mejía y Castaño, 2007). Los efectos de la acción de los ácaros en el suelo son principalmente, el aumento de poblaciones de otros organismos (como protozoarios y hongos) y el transporte vertical de materia orgánica hacia horizontes inferiores del perfil del suelo. Entre los ácaros que están presentes en el suelo, los Oribatida se caracterizan por ser los más abundantes, se ven directamente afectados por los cambios en los gradientes de humedad; generalmente son macrofitófagos, aunque hay ficófagos (se alimentan de algas), micófagos (se alimentan de hongos) y briofitófagos (se alimentan de musgos); también hay necrófagos (se alimentan de materia orgánica en descomposición). Los Prostigmata

son el segundo grupo más abundante en el suelo, son: depredadores y fitófagos (Vázquez y López, 2012a). Los Mesostigmata comprenden un gran número de especies edáficas, la mayoría son depredadores, aunque algunos llegan a ser fungívoros (Chaires, 2012) y tener otros hábitos. Los Astigmata tienen poca presencia en los suelos aunque pueden incrementar su población debido al mal manejo del suelo por el hombre, se alimentan de detritos vegetales, hongos, algas y líquidos en putrefacción (Vázquez, 2002).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo, Características y erosión.

En IUSS Working Group WRB (2015) se define al suelo como “Un cuerpo natural continuo que tiene tres dimensiones espaciales y una temporal. Los tres rasgos principales que lo caracterizan son los siguientes:

- Está formado por constituyentes minerales y orgánicos e incluye fases sólida, líquida y gaseosa.
- Los constituyentes están organizados en estructuras específicas para el medio pedológico. Estas estructuras forman el aspecto morfológico de la cubierta edáfica. Ellas resultan de la historia de la cubierta edáfica y de su dinámica y propiedades actuales. El estudio de las estructuras de la cubierta edáfica facilita la percepción de las propiedades, físicas, químicas y biológicas: permite también comprender el pasado y el presente del suelo, así como predecir su futuro.
- El suelo está en constante evolución, dando así al suelo su cuarta dimensión: el tiempo”

Las características del suelo ejercen gran influencia sobre la ecología vegetal, edáfica, animal y para el hombre. A la fauna le afecta el pH, la salinidad, el exceso de agua, la compactación, la temperatura y la profundidad (Aguilera, 1989). La vida en el suelo es posible debido a que las partículas minerales no forman una masa continua, si no que al unirse crean una serie de poros, muchos de los cuales se comunican entre sí. Estos poros están totalmente llenos de agua y aire, en ellos pueden desarrollar su actividad los microorganismos y a través de ellos se facilita el crecimiento de las raíces (Porta *et al.*, 1999).

Para crear un espacio poroso estable y adecuado para favorecer la actividad de la fauna del suelo, y el crecimiento de las plantas, cada tipo de partícula presente realiza su contribución a la naturaleza del suelo; la arcilla y la materia orgánica son importantes por su capacidad de almacenar agua y nutrientes. Las partículas minerales más grandes (arenas) constituyen el esqueleto del suelo, a ellas se debe la mayor

parte de su peso y ayudan a conseguir una buena aireación y permeabilidad (Thompson y Troeh, 1982). La materia orgánica de los suelos se forma y acumula en ellos por incorporación de residuos vegetales, caída de hojas, frutos y cortezas así como la incorporación de cadáveres y productos de descomposición de la fauna (Aguilera, 1989).

La biota del suelo está organizada funcional y estructuralmente en micro comunidades específicas las cuales pueden ser modificadas por las actividades humanas; de su naturaleza, intensidad y duración, depende el grado de perturbación (Dindal, 1990), algunas de estas actividades son: la deforestación, el fuego, el pastoreo, el cambio de uso de suelo, la compactación y la contaminación, aunque también se ve afectado por factores ambientales (Estrada y Moldenke, 2008). El tipo y el número de organismos que viven en los suelos, reflejan el estado edafológico, los patrones de sucesión vegetativa y las perturbaciones ambientales del sitio (Dindal, 1990).

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua (Kirkby y Morgan, 1994); Si bien este proceso tiene lugar de forma espontánea en la naturaleza, la intervención del hombre hace que la intensidad del proceso pueda verse fuertemente incrementada. Un suelo con una cubierta vegetal con poca intervención humana queda protegido de la acción directa de la lluvia y del viento, al eliminar la vegetación se altera el equilibrio natural, la superficie queda desprotegida y se reciben menos aportes de materia orgánica (Porta *et al.*, 1999). Las labores de cultivo compactan el suelo haciendo que sea más denso que otros cercanos que no están cultivados así, el cultivo produce una reducción en el contenido de materia orgánica y expone el suelo al impacto de las gotas de lluvia, lo que provoca menor volumen total de poros y menor capacidad de aireación (Thompson y Troeh, 1982).

2.2 Los suelos y su relación con la biota

El suelo es un sistema que contiene los niveles tróficos esenciales: productores, consumidores primarios, depredadores y descomponedores. Sirve de reserva de fuentes de energía y en él se llevan cabo el reciclaje de la materia orgánica y los nutrientes (Palacios e Iglesias, 2004).

Los organismos que viven en el suelo, por su diversidad y su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales pueden desempeñar múltiples funciones, de gran importancia para el sistema, produciendo efectos ecológicos ya sea por acción mecánica o química, las acciones de los organismos del suelo se ven reforzadas en muchos casos, por las interacciones y las asociaciones entre ellos, (Porta *et al.*, 1999).

Los invertebrados edáficos son agentes extremadamente importantes en la generación y mantenimiento de las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas edáficos, ya que desempeñan varias funciones:

- Regulan los procesos microbianos a través de la translocación, defecación e inoculación de los propágulos microbianos.
- Mantienen el espacio de poros a través de los cuales el aire y el agua circulan dentro del suelo.
- Son mezcladores mecánicos de los componentes del suelo gracias a su actividad excavadora y a sus complejos hábitos alimenticios que incluyen, entre otros, interacciones simbióticas con microorganismos, depredación, y coprofagia que directa o indirectamente causan modificaciones físicas y químicas al suelo.
- Contribuyen al modificar las tasas de humificación y distribución de materiales orgánicos a través de la deposición fecal que interviene en la estructura del suelo.

Una adecuada estructura en el suelo favorece la correcta aeración, nutrición y capacidad de retención de agua, y una reducción en la susceptibilidad a la erosión por agua y viento (Dindal, 1990).

Dentro de la fauna del suelo existen tres grupos principales de invertebrados, los cuales han sido divididos de acuerdo con el tamaño del adulto y su tipo de respiración:

1. Microfauna. Son los organismos menores de 0.2 mm (200µm). Aquí encontramos los llamados “micro alimentadores”, organismos que viven en la película de agua dentro de los poros, encontramos organismos como protozoarios, rotíferos, ácaros, colémbolos, tardígrados, nematodos, algas y hongos.
2. Mesofauna. Son organismos que van desde 0.2 hasta los 2 mm, han sido clasificados como el grupo de “transformadores de la hojarasca”, comprende básicamente microartrópodos como: ácaros, colémbolos, dipluros, proturos, pseudoescorpiones, arácnidos, algunas especies pequeñas de coleópteros, diplópodos, quilópodos e isópodos así como anélidos enquitreidos. Se mueven entre los poros del suelo. Se alimentan de materia orgánica y algunos son depredadores de otros microartrópodos.
3. Macrofauna. Miden desde 2 mm hasta 2 cm, se les conoce como los “ingenieros del ecosistema” aquí encontramos a las lombrices de tierra, termitas, hormigas, arácnidos, coleopteros, quilopodos, isopodos, opiliones, larvas de dípteros y lepidópteros, entre otros. Se mueven activamente a través del suelo y pueden elaborar galerías, provocando cambios en la estructura física del mismo y en la pedogénesis a diferentes escalas de tiempo y espacio (Estrada y Moldenke, 2008; Palacios y Mejía 2007).

2.3. Características de los Ácaros y su importancia en el suelo.

Los ácaros pertenecen al phylum Arthropoda, subphylum Chelicerata y a la clase Acarida según la clasificación de Hoffmann y López (2000); Sin embargo hay que mencionar que existe una clasificación reciente por Lindquist *et al.*, (en Krantz y Walter, 2009) que considera a los ácaros dentro de la clase Arachnida y los coloca en la categoría de subclase (Acari).

Son los más pequeños de los quelicerados, su cuerpo está dividido en 2 tagmas o regiones, el gnatosoma y el idiosoma. El gnatosoma se desarrolló por la fusión de la base de los quelíceros y las coxas de los pedipalpos, los quelíceros se han modificado de acuerdo a los hábitos alimenticios de cada grupo, los pedipalpos también han sufrido cambios y dependiendo de las especies, pueden ser sensoriales y presentar órganos receptores de estímulos externos o pueden ser prensiles y les sirven para capturar a sus presas o alimentos. El idiosoma forma el cuerpo del ácaro, en él se encuentran las patas locomotoras (4 pares en estado de ninfa y adulto y 3 pares en estado de larva), el primer par de patas generalmente tiene función sensorial y los tres restantes le sirven para caminar, sujetarse a sus huéspedes o sujetarse al sustrato. Durante su desarrollo, pasan por los estadios de huevo, larva, ninfa (protoninfa, deutoninfa y tritoninfa, aunque hay sus excepciones, pueden ser menos o más) y adulto (Vázquez y López, 2012a).

Constituyen el grupo más rico y diverso en especies dentro de los arácnidos. Entre las estimaciones de la diversidad de los ácaros, se han determinado alrededor de 35,000 especies de ácaros, pero se piensa que existen desde 500,000 hasta un millón de especies (Hoffmann y López, 2000). Recientemente se estima que existen alrededor de 55,000 especies (Pérez *et al.*, 2013).

Se reconocen siete ordenes de acuerdo a la clasificación de Hoffmann y López (2000), Opilioacarida, Holothyrida, Mesostigmata, Ixodida, Prostigmata, Astigmata y Oribatida. EL presente trabajo se basa en esta clasificación debido a la facilidad de su manejo. En la clasificación de Lindquist *et al.*, (en Krantz y Walter, 2009) se consideran

cinco ordenes: Opilioacarida, Ixodida, Mesostigmata, Trombidiformes y Sarcoptiformes; en esta clasificación los Prostigmata son un suborden del orden Trombidiformes.

Todos los ordenes pueden pertenecer a la mesofauna del suelo, sin embargo los más frecuentes son: Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata y Astigmata (Wilhelm, 1976; Dindal, 1990; Lavelle y Spain, 2005; Huang y Sumner, 2012). De los ordenes de ácaros que se encuentran predominantemente en el suelo, los Oribatida son los mejor conocidos y mejor estudiados por sus hábitos saprófagos y porque se encuentran estrechamente asociados a este hábitat; los Mesostigmata aunque incluyen algunos saprófagos, la mayor parte de ellos son depredadores; los Astigmata son fitófagos y tienen pocas especies representadas en el suelo, pero pueden ser muy abundantes; de los Prostigmata hay varias formas y hábitos, incluyendo a varias especies que no viven comúnmente en el suelo (Vázquez, 2002).

Los hábitos alimenticios de los ácaros se pueden resumir en tres principales categorías: Fitofagia, Saprofagia y Zoofagia.

- Los Fitófagos pueden ser Microfitófagos o Macrofitófagos, los primeros se alimentan de algas, bacterias, hongos, levaduras, musgo, hepáticas y líquenes; los macrofitófagos se alimentan de jugos y tejidos de plantas superiores, de savia, néctar, polen, frutos, granos, madera y otras fibras vegetales o bien en los tejidos de plantas superiores en descomposición (hojas, floema y raíces).
- Los Saprofagos pueden ser Fitosaprofagos si se alimentan de materia vegetal en descomposición o Zoosaprofagos si son necrófagos o coprofagos.
- Los Zoofagos o depredadores se alimentan de protozoarios, nematodos, otros ácaros, otros artrópodos y de sus huevos o estadios juveniles (Vázquez y López, 2012b).

Los estudios de la distribución vertical de los ácaros y de otros microartrópodos, han demostrado que la mayoría de ellos viven en la superficie del suelo o cerca de ella y solo muy pocas especies habitan en los horizontes más profundos, disminuyendo apreciablemente su abundancia y diversidad, como regla general las especies más

grandes son activas en la superficie del suelo y en las partes más profundas la fauna es muy pequeña y tiene características adaptativas para este medio (Palacios y Mejía, 2007). Se ha relacionado la distribución vertical, con las adaptaciones morfológicas de los organismos y se han introducido, categorías que concuerdan con cada nivel de distribución (Vázquez y López, 2012c), de acuerdo a esto se han clasificado en:

- **Epiedáficos:** viven en la superficie del suelo y hojarasca, especies muy ágiles con patas muy largas, muy esclerosados y pigmentados.
- **Hemiedáficos:** habitan en el suelo orgánico, presentan una reducción en el tamaño de las patas, con tegumento esclerosado y con pigmento, tienen ojos bien desarrollados.
- **Euedáficos:** se encuentran en el suelo mineral, son los habitantes permanentes de los intersticios del suelo, muestran una disminución o carencia total de pigmento, sus ojos son reducidos o no se presentan y las patas son cortas (Palacios y Mejía, 2007).

La permanencia de las especies de ácaros en el suelo también es considerada para poder clasificar los distintos tipos de hábitos. Los geobiontes pasan toda su vida en el suelo, y los geófilos solo pasan una parte de su ciclo de vida en el suelo (Vázquez y López, 2012c). Otro grupo son los periódicos o eventuales que se caracterizan porque únicamente el adulto sale del suelo para reproducirse, por ejemplo, los ácaros Prostigmata de la familia Trombidiidae (Palacios y Mejía 2007).

2.4 Ácaros Prostigmata en el suelo.

El orden Prostigmata es el segundo más importante en el suelo, debido a su abundancia (Mejía y Castaño, 2007), incluyen una gran variedad de ácaros depredadores, saprófagos, fitófagos, parásitos, terrestres y acuáticos. La lista de características morfológicas, ontogénicas y conductuales superan por mucho a las de los otros ácaros (Krantz y Walter, 2009).

El orden Prostigmata está constituido por, seis Subordenes, 32 superfamilias y 121 familias (Hoffmann y López, 2000), con 14,000 o más especies a nivel mundial (Kethley, 1990). Los Prostigmata están poco o muy esclerosados, muchos miden de 300 a 500 μm , algunas especies parasitas pueden medir menos de 100 μm , mientras otras especies pueden superar los 12,000 μm (Krantz y Walter, 2009).

Los ácaros Prostigmata se distribuyen ampliamente y se encuentran en todos los ecosistemas terrestres. Su actividad principal en el suelo, es la depredación, también predominan los microfitófagos consumidores de algas, bacterias y hongos sin embargo hay familias o especies que tienen hábitos de alimentación menos restringidos, con dos o más niveles tróficos, por ejemplo Tydeidae, Tarsonemidae, Cunaxidae entre otros, los cuales además de la depredación pueden ser microfitófagos.

La presencia de Prostigmata en el suelo depende del tipo de cobertura vegetal y de las condiciones climáticas, por ejemplo en ambientes donde predominan los pastos y musgos, hay una baja densidad y diversidad de ácaros, pero, se estima que los Prostigmata representan más del 90% del total de estos, en ambientes desérticos los Prostigmata constituyen del 40 al 85% del total de ácaros, mientras que en ambientes tropicales representan el 85%; Los Prostigmata son abundantes en los bosques de coníferas y deciduos, sin embargo el porcentaje de estos está entre el 20 y 30% debido a que los Oribatida incrementan su presencia en este medio (Kethley, 1990).

2.5 Estudios sobre los ácaros edáficos en México.

Los ácaros del suelo han sido ignorados durante mucho tiempo, debido a su diminuto tamaño y que no se ha destacado su importante papel ecológico en diversos procesos de reciclaje de materia orgánica y como indicadores biológicos (Palacios e Iglesias, 2004). Con respecto a estudios de ácaros edáficos en México, sobresalen los siguientes:

Palacios (1985) realizó un estudio sobre los microartrópodos del volcán Popocatepetl, enfocándose en los ácaros Oribatidos y los insectos colémbolos, a diferentes elevaciones y en varios biotopos (hojarasca, suelo, líquenes y musgos epifitos), encontró un total de 61,064 ejemplares, e indica que los ácaros Prostigmata ocuparon el tercer lugar de abundancia relativa (22.58%, 13,787 organismos), se determinaron 33 géneros incluidos en 17 familias de Prostigmata.

Moreno (1985) y (1996) realizó un análisis de la variación estacional de los ácaros del suelo en la comunidad de bosque de *Pinus hartwegii*, del volcán Popocatepetl en el estado de México; encontró un total de 69 especies que pertenecen a 39 familias. Se determinaron 23 especies de Prostigmata, 18 pertenecen a 14 familias y cinco especies determinadas solo a nivel de suborden.

Rivas (1985) hizo una revisión de la familia Rhagidiidae, en hojarasca, suelo y en cavernas, de los estados de Morelos, Veracruz, Guerrero, México, Colima e Hidalgo; registro 8 especies que pertenecen a cinco géneros.

Estrada y Sánchez (1986) y Estrada *et. al.*, (1988) estudiaron los ácaros del suelo de dos zonas, dentro de la región semiárida en el valle de Tehuacán, Puebla; encontraron un total de 2,880 ácaros, se determinaron 53 familias y 73 géneros, de los cuales, 30 familias y 47 géneros pertenecen a ácaros Prostigmata, con una cantidad total de 1,862 organismos, los cuales ocuparon el primer lugar en diversidad y abundancia relativa (68.1%) del total de ácaros. La familia Tydeidae presentó el mayor porcentaje de abundancia dentro de los prostigmata (28.95%), Nanorchestidae, Linotetránidae, Paratydeidae y Stigmaeidae también fueron frecuentes.

Mejía (1986) trabajó con organismos de la familia Bdellidae, colectados en los estados de Baja California Sur, Colima, Estado de México, Guerrero, Hidalgo,

Michoacán, Morelos y Puebla. Estudió la sistemática, distribución geográfica y aspectos ecológicos de esta familia, encontró 19 especies incluidas en 6 géneros.

Vázquez y López (1996) estudiaron los ácaros Prostigmata en tres hábitats: dunas, bosque deciduo y playa, en la reserva de "El Morro de la Mancha". Encontraron 4058 organismos, que pertenecen a 15 familias, 24 géneros y cerca de 50 especies, las familias Nanorchestidae y Anystidae fueron las más abundantes; en las dunas y en la playa la más abundante y diversa fue Nanorchestidae; en el bosque deciduo la familia más abundante fue Tydeidae.

Sánchez (1996) estudio los ácaros Prostigmata de tres localidades de la cuenca del Río Estorax, en un suelo árido en el estado de Querétaro. Determino 40 géneros que pertenecen a 30 familias. Los Prostigmata representaron el 68.60% del total de ácaros. Entre las familias dominantes están Nanorchestidae, Tydeidae y Linotetranidae.

Vázquez (2002) realizó su trabajo acerca de Prostigmata (Acarida) Edáficos en una zona litoral del Golfo de México, tomo en cuenta tres comunidades vegetales: Selva baja caducifolia, Dunas y Playa, identifico 21 familias, 54 géneros y 73 especies, la familia Nanorchestidae fue la más abundantes y diversa en el área. De las familias encontradas hubo más ácaros depredadores que de otro tipo de habito alimenticio. Se tienen 4 géneros y 24 especies nuevas y hay 32 registros nuevos para México y 10 para Veracruz.

Bernal (2006) estudió la artrópodofoauna edáfica de una finca cafetalera al sur del Estado de Oaxaca, México, con énfasis en Oribatidos y colémbolos, eligió tres zonas de colecta: cafetal, acahual y bosque, en muestras de hojarasca y suelo. Del total de ácaros encontrados los más abundantes fueron los Oribatei que representan el 44.7%, Mesostigmata representa el 13.1%, Prostigmata el 10.1% y Astigmata el 4 %.

Marín (2006) realizó un trabajo con las comunidades de ácaros en dos tipos de asociaciones vegetales, de ac ahual y de cafetal, en la sierra sur de Oaxaca, enfocándose a ácaros Oribatidos, obteniendo un total de 2,342 ácaros, de los cuatro órdenes más representativos en el suelo, el 65% son Oribatidos, 25% Mesostigmata, 9% Prostigmata y el 1% Astigmata. Encontró una mayor abundancia en la zona del acahual en donde se había dejado de cultivar café.

Iglesias (2006) realizó un estudio de los ácaros Oribatidos que habitan dos parcelas agrícolas, una regada con aguas residuales y la otra con agua de pozo, en el Estado de Hidalgo, México. Obtuvo un total de 39,487 ácaros, de los cuales el 83% son Prostigmata, el 7% Astigmata, 6% Oribatidos y el 4% Mesostigmata. La mayor abundancia se presentó en la parcela regada con aguas residuales, los Prostigmata fueron registrados en una cantidad tres veces mayor, que en la regada con agua de pozo.

Estrada (2007) realizó un estudio de los ácaros asociados a cultivos de ajo en Guanajuato, con el objetivo de identificar los ácaros asociados al cultivo, en la semilla, la planta y el suelo. Encontró un total de 33 familias, de estas el 24% son del orden Oribatida, 24 % Mesostigmata, 46% Prostigmata y 6% Astigmata, el suelo fue el más diverso con 31 familias, de las cuales 13 fueron Prostigmata.

Mejía (2007) realizó un estudio de la estructura de la comunidad de la familia Cunaxidae edáficos de una selva caducifolia en Chamela, Jalisco, encontró un total de 4,720 organismos en el suelo y hojarasca. Identificó cuatro subfamilias, diez géneros y 46 especies, de estas 31 son nuevas para la ciencia. El suelo presentó la mayor abundancia, con un total de 3,325 ejemplares (5,074 ind /m²), mientras que en la hojarasca fue de 1,395 (2,199 ind /m²).

Vázquez y López (2008) realizaron un estudio de ácaros del orden Prostigmata en suelos cultivados con café en Huatulco, Oaxaca; tomaron tres tipos diferentes de suelo, en época de secas, midieron también el contenido de materia orgánica en el suelo; encontraron 228 ejemplares, que corresponden a 22 familias, 85 géneros y 96 especies; se destaca la abundancia y diversidad de Cunaxidae con una densidad de 83.15 ind/m², Eupodidae, Tydeidae, Stigmaeidae y Bdellidae, también fueron abundantes. Estos mismos autores, en esta misma zona en 2011, realizaron un estudio, con el objetivo de conocer la diversidad y abundancia de las familias presentes de los cohortes Endeostigmata y Sphaerolichida (pertenecientes a Prostigmata); Identificaron 116 ejemplares de las familias: Lordalycidae, Nanorchestidae, Alicorhagiidae, Terpnacaridae y Alycidae, encontrando ocho géneros y 17 especies.

Maldonado (2008) realizó una comparación de las comunidades de ácaros Astigmata en dos agro ecosistemas de San Salvador Hidalgo, uno que se riega con agua de pozo y otro con aguas residuales. Del total de ácaros encontrados en la parcela regada con agua de pozo, los Prostigmata representaron el 74%, los Oribatidos el 9.8%, los Astigmata el 9.6% y los Mesostigmata el 6%. En la parcela regada con aguas residuales encontró que el 86% fueron Prostigmata, el 6% Astigmata, el 5% Oribatidos y el 3% Mesostigmata. La mayor abundancia de ácaros correspondió a la parcela regada con aguas residuales.

Vázquez y López (2009) estudiaron la diversidad de ácaros Mesostigmata, Prostigmata y Oribatida en un bosque mixto de pino-encino, en Michoacán, en muestras de suelo y hojarasca, encontraron un total de 4,770 ejemplares, los Prostigmata fueron los mejor representados con un total de 3,686 ácaros, el segundo lugar lo ocuparon los Oribatida con 728 ácaros, y por último los Mesostigmata con 356 ácaros. Encontraron 15 familias de ácaros Prostigmata de las cuales Tydeidae (3105.26 ind/m²) y Eupodidae (444.21 ind/m²) fueron las más abundantes.

Velázquez y Callejas (2009) realizaron un estudio sobre la diversidad de ácaros edáficos en 2 sitios con diferente grado de perturbación de la reserva ecológica del pedregal de San Ángel REPSA, en el Distrito Federal. Obtuvieron 1,871 ácaros, de los cuales los Prostigmata son los más abundantes con 1,383, organismos, hubo 202 Oribatidos, 58 Mesostigmata y 28 Astigmata, con un total de 27 morfo especies, de las cuales 12 pertenecen al orden Prostigmata.

Sánchez (2014) realizó un estudio acerca de algunos aspectos ecológicos de los ácaros del suelo de la cuenca del río Estorax en Querétaro, en el que abordó aspectos de taxonomía y ecología de los ácaros del suelo en cinco sitios con diferentes asociaciones vegetales de matorral xerófilo, encontró 69 familias, 118 géneros y 126 especies de las cuales 61 familias, 114 géneros y 120 especies son nuevos registros para el estado de Querétaro y 3 familias, 26 géneros y 26 especies son nuevos registros para el país. Se encontraron 31 familias, 65 géneros, y 70 especies del orden Prostigmata, representando el 64% del total de ácaros, las familias más abundantes fueron: Nanorchestidae, Tydeidae y Linotetranidae.

Razo *et al.*, (2014) realizaron un estudio acerca de la variación temporal, en la estructura de la comunidad de micro artrópodos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en la ciudad de México, eligieron dos sitios con diferente cobertura vegetal, encontraron un total de 101,483 artrópodos, en ambos sitios los Oribatida y los Prostigmata fueron los más abundantes, durante la época de lluvias dominaron los Oribatida, mientras en la época de secas, los Prostigmata y los Mesostigmata fueron más abundantes.

Sánchez (2015) realizó un estudio acerca de la estructura de la comunidad de ácaros de suelo en cinco microambientes de una terraza degradada en el valle de Zapotitlán Salinas en Puebla, con el objetivo de determinar la variación en la estructura de la comunidad de ácaros en el suelo superficial. Encontrando que las variaciones en el pH, temperatura, humedad, contenido de materia orgánica, porosidad del suelo y cobertura del dosel en los microambientes muestran que las especies vegetales actúan como sitios adecuados para el desarrollo y reproducción de los ácaros edáficos. Encontró un total de 706 organismos, el orden Oribatida fue el más abundante con 395 ácaros, seguido de Prostigmata con 225, Mesostigmata con 80 y finalmente Astigmata con seis ácaros.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Contribuir al conocimiento de los ácaros Prostigmata, que habitan en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani en Jilotepec Estado de México, en cuatro sitios con diferente cobertura vegetal y uso de suelo: Bosque Conservado, Bosque Alterado, Uso Agrícola y Suelo Erosionado.

3.2. Objetivos particulares

- Identificar las familias de ácaros que pertenecen al orden Prostigmata.
- Conocer la abundancia de ácaros Prostigmata en los diferentes sitios de muestreo.
- Determinar algunas propiedades fisicoquímicas del suelo en los sitios muestreados para conocer el efecto del cambio de uso de suelo.

4. HIPÓTESIS

El sitio de Bosque Conservado es el que presenta mejores condiciones para el desarrollo de los ácaros, ya que tiene una estructura vegetal compleja, se encuentra poco perturbado y no presenta compactación del suelo, por lo que se espera que presente la mayor abundancia de ácaros, no solo de Prostigmata, también de los ordenes Oribatida, Mesostigmata y Astigmata, a diferencia de los otros tres sitios que presentan diferentes grados de alteración debido al cambio de uso de suelo, donde se espera que la abundancia de ácaros sea menor y que haya diferencias en cuanto a contenido de materia orgánica, humedad y compactación del suelo.

5. CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1. Localización Geográfica

La zona de estudio se localiza en la comunidad de Dexcani Alto, en el Municipio de Jilotepec, Estado de México. Jilotepec se ubica en la porción norte del Edo. de México, entre los paralelos 19°51' y 20°11' latitud norte y 99°26' y 99°44' longitud oeste. La altitud esta entre 2,200 y 2,500 msnm. Cuenta con 586.53 kilómetros cuadrados de extensión que lo hacen el cuarto Municipio de mayor extensión en el Estado de México. Con una población de 83,755 habitantes (INEGI, 2010) (Fig. 1).

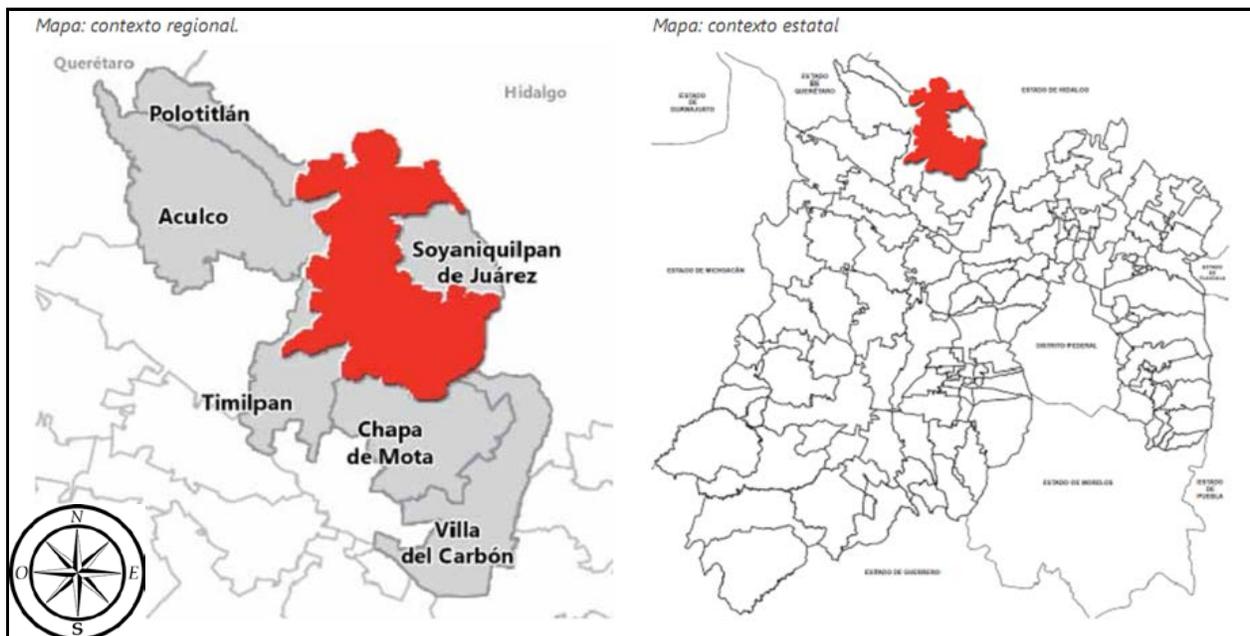


Figura 1. Localización del municipio de Jilotepec, Estado de México (en rojo). (Gobierno del Estado de México, 2013).

La zona de estudio se localiza entre las coordenadas 19° 55' de latitud norte y 99° 29' de longitud oeste y a una altitud de 2613 msnm.

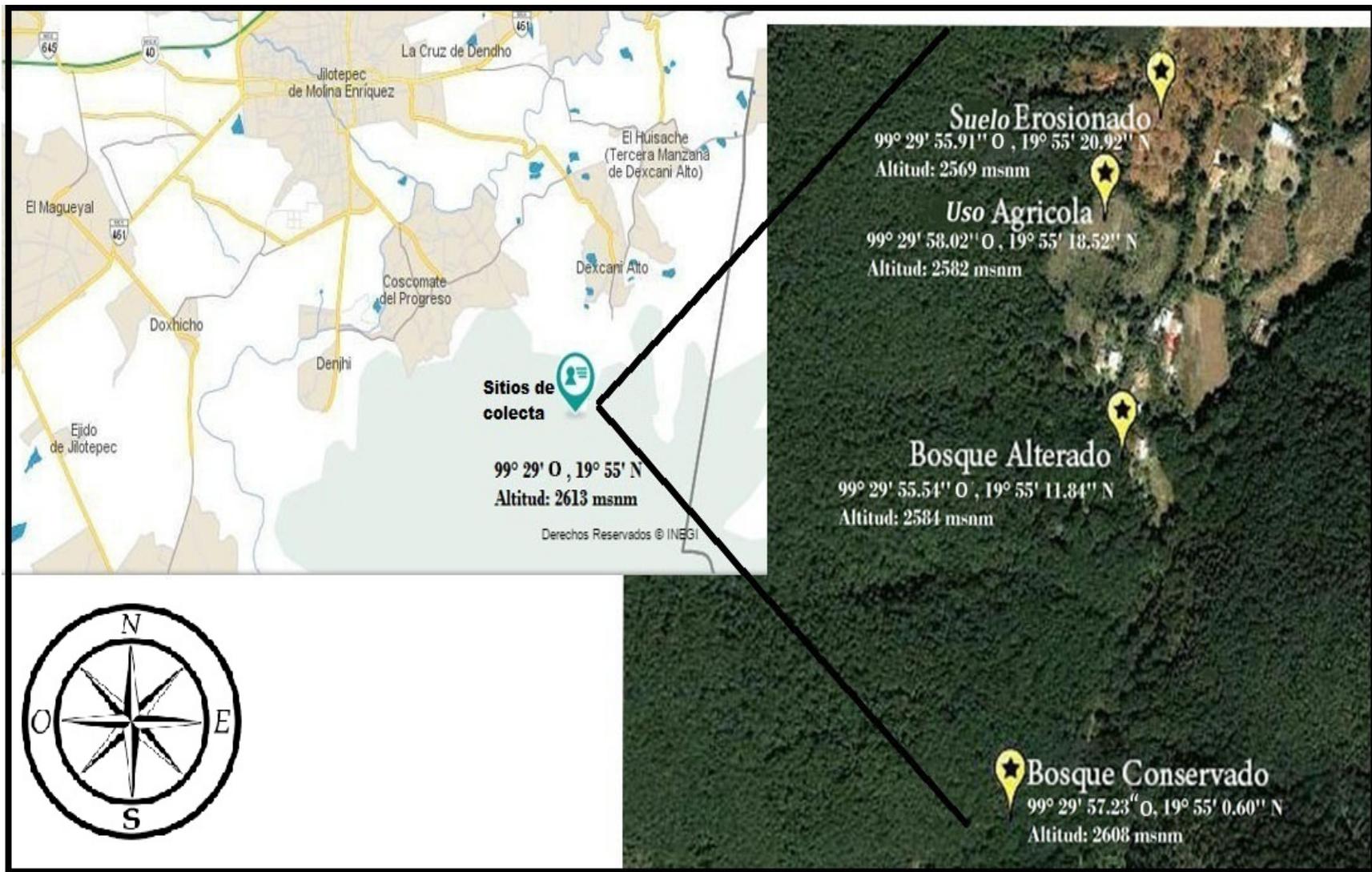


Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio y los sitios de colecta. Modificado de Mapa digital de México. INEGI (2015). Versión 6.1.

Los sitios donde se realizó el muestreo se localizan en la ladera Este de Cerro Grande en la comunidad de Dexcani Alto. Se eligieron áreas que presentan diferente vegetación y uso de suelo, estas fueron: Bosque Conservado, Bosque Alterado, Uso Agrícola y Suelo Erosionado (Fig. 2).

La zona forestal del sitio de estudio se encuentra dentro del programa: Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, implementado por el Gobierno del Estado de México en el año 2007, a través del Fideicomiso para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México (FIPASAHM) donde se otorga un pago, por hectárea de bosque bien conservado (Gobierno del Estado de México, 2011).

5.2. Relieve

El relieve del Municipio forma parte del sistema montañoso de la Sierra Nevada del Eje Volcánico y corresponde a la Subprovincia fisiográfica de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (se encuentra justo en la transición de Lagos y Volcanes de Anáhuac y Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo), con presencia frecuente de lomeríos, con colinas redondeadas en la mayor parte del territorio y una zona muy abrupta en la porción sur (Gobierno del Estado de México, 2013).

Los cerros más importantes en el municipio son: Canalejas, La Virgen y el Gudzá. El sistema montañoso está comprendido por la Sierra de Jilotepec y la de San Andrés (Gobierno del Estado de México, 2007).

5.3. Hidrología

El municipio de Jilotepec, forma parte de la región Hidrológica del Alto Panuco dentro de la cuenca del río Moctezuma de la que se derivan las corrientes del arroyo Zarco, Tecozutla, Alfajayucan, Tula, Rosas, Tlautla y El Salto. Las cuales forman siete subcuencas. Para la caracterización de esta zona se tomó como referencia la microcuenca a la que pertenece el río principal, Dexcani, que a su vez pertenece a la subcuenca del río Tlautla (González, 2013).

Jilotepec cuenta con 1,340 cuerpos de agua, que ocupan 1134.1 ha. de superficie, cuenta con numerosos arroyos, presas y bordos. Con respecto a las aguas subterráneas, existen tres pozos profundos (Gobierno del Estado de México, 2007).

5.4. Geología

La zona de estudio se caracteriza por el predominio de rocas volcánicas de la era cenozoica, periodo cuaternario, la litología se compone de rocas ígneas extrusivas, basalto, toba y brecha volcánica (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

5.5. Clima

El clima de la región está clasificado dentro del grupo de climas templados subhúmedos C(w) y C(w2) es el más húmedo de los templados con lluvia en verano; mayo es el mes más cálido con 14 y 15 °C y enero el más frío con 11 a 12 °C. La precipitación pluvial media anual es de 750 mm, la máxima incidencia de lluvias es en julio y hay sequía en los meses de diciembre, enero y febrero con precipitación menor de 5 mm (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio en distancia y condiciones de vegetación, corresponde a la ESTACIÓN: 00013149 denominada "EL BANCO", que se localiza entre las coordenadas 19°56'45" latitud norte y 99°26'57" longitud oeste, a una altitud de 2,410 msnm, los promedios de temperatura y precipitación para la estación El Banco, durante el periodo de 1981 a 2010 se obtuvieron a través de la página del Sistema Meteorológico Nacional, con información de la Comisión Nacional del Agua (<http://smn.cna.gob.mx/>) se presentan en la Fig. 3.

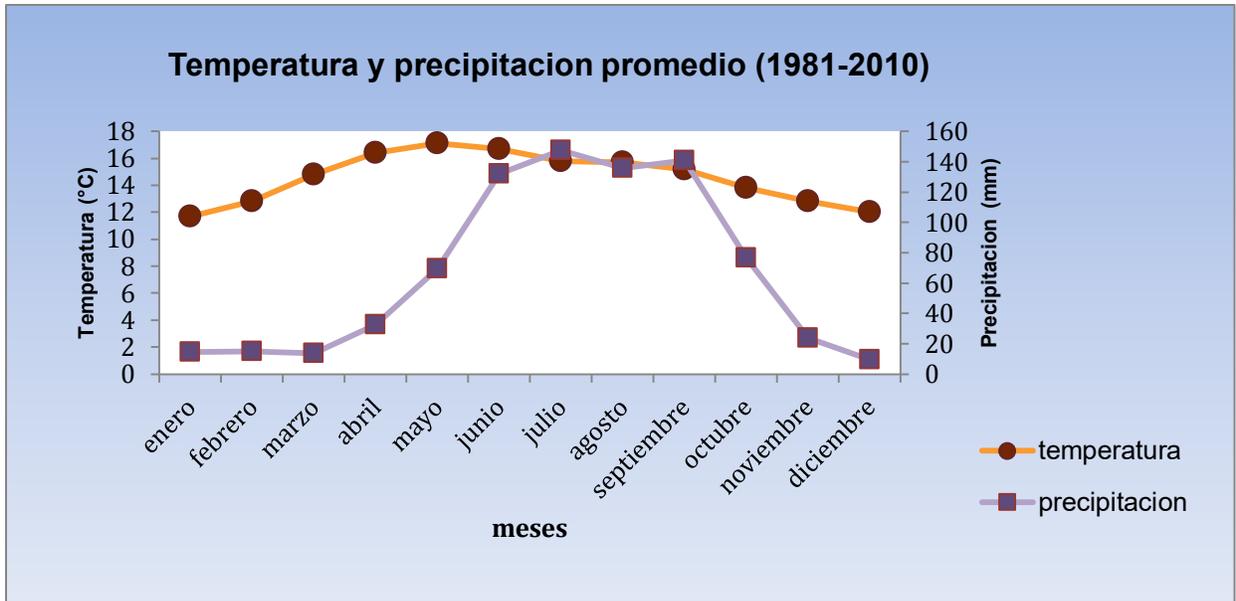


Figura 3. Promedios de temperatura y precipitación, realización propia con datos tomados de <http://smn.cna.gob.mx/> (2013) .

5.6 Vegetación y uso de suelo

La vegetación dominante en el Municipio de Jilotepec, es pastizal natural semiárido, en el norte y sur del territorio se observan áreas en las que predominan bosques de encino (Gobierno del Estado de México, 2013).

En la mayor parte del municipio (al norte y centro) el uso del suelo es agrícola, el uso forestal se presenta en la parte sureste de la cabecera municipal, con bosques de encino, localizados principalmente en los cerros, Grande y el Gavilán (Gobierno del Estado de México, 2007). El sitio de estudio se encuentra en la frontera de un bosque natural de encino y zonas con agricultura de temporal (Fig. 4); En el municipio se identifican cinco bosques naturales, tomando en cuenta el de Dexcani alto, en donde además se encuentran las Peñas, el cual es aprovechado como zona de recreación debido a la belleza escénica de sus afloramientos rocosos; Los otros cuatro bosques naturales del municipio están situados en: el Ejido de las manzanas, Coscomate del Progreso, El Rosal y San Lorenzo Nenamicoyan. Las superficies con bosques maderables se ubican en Coscomate y Dexcaní Alto (Gobierno del Estado de México, 2013).

En el estrato superior del Bosque de Encino podemos encontrar *Quercus sp* y *Arbutus sp*; en el estrato arbustivo encontramos *Arctostaphylos sp*, *Muhlenbergia sp*, *Quercus sp*, *Opuntia sp*, *Aporobolus sp* y *Stipa sp*. Con posibilidades de uso para agricultura de temporal: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maguey pulquero (*Agave sp.*) (Secretaria de Programación y Presupuesto, 1981).

En el Bosque de *Quercus* el suelo es típicamente de reacción acida moderada (pH 5.5 a 6.5), con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración que frecuentemente es roja, aunque puede ser amarilla, negra, parda o gris. Superficies de terrenos antes cubiertas por encinares se emplean para la agricultura, que en la mayor parte de los casos es de temporal ya que no son aptos para sostener una agricultura permanente, también extensiones de encinares se aprovechan con fines ganaderos, lo que origina terrenos degradados que pierden la capacidad de absorber y almacenar eficientemente el agua de la lluvia; el escurrimiento predomina sobre la infiltración y comienza a desencadenarse una rápida erosión del suelo (Rzedowski, 1978).



Figura 4. Uso de suelo y vegetación. Modificado del Mapa digital de México. INEGI (2015). Versión 6.1.

5.7. Unidades taxonómicas de Suelo.

En Jilotepec los luvisoles, cubren aproximadamente el 75% del municipio, los vertisoles alrededor del 15%, los phaeozem 7% y los planosoles 3 % (Gobierno del Estado de México, 2013). En la carta edafológica cetenal, correspondiente (E-14-A-18, Tepeji del rio) se observa, que en el sitio de estudio predomina el tipo de suelo phaeozem, presentándose asociaciones de luvisol crómico y phaeozem lúvico (Fig. 5)

Los Luvisoles se caracterizan por ser fértiles y de alta susceptibilidad a la erosión. En México muchos luvisoles se hayan erosionados debido al mal manejo cuando se usan en agricultura y ganadería. Los luvisoles crómicos son de color rojo intenso, de fertilidad moderada y presentan un horizonte B argílico (con acumulación de arcilla).

Los phaeozem se caracterizan por presentar un horizonte superficial oscuro, suave, rico en materia orgánica y nutrientes (melánico). Se desarrollan en terrenos planos y montañosos, se utilizan con éxito en la agricultura de riego y temporal, su susceptibilidad a la erosión depende del terreno donde se encuentran y la cobertura vegetal que presentan. Los phaeozem lúvicos presentan un horizonte B argílico y son de fertilidad moderada (Gobierno del Estado de México, 2007).



Figura 5. Tipos de suelo. Lc: luvisol crómico, Hl: Phaeozem lúvico, 2: textura media. Modificado de Mapa digital de México. INEGI (2015). Versión 6.1.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. De campo

A lo largo de la ladera este de Cerro Grande, que presenta una pendiente del 30% se seleccionaron cuatro sitios con diferente cobertura vegetal y uso de suelo, la selección de estos puntos de muestreo se hizo tomando como referencia un bosque de encino (González, 2013).

1. Sitio de bosque conservado (BC): Ubicado en las coordenadas 19°55'0.60" latitud norte y 99°29'57.3" longitud oeste, a una altitud de 2608 msnm, se encuentra al interior de la zona boscosa, presenta una estructura vegetal arbustiva (*Arbutus sp.*, *Laurus sp.*) y arbórea (*Quercus sp.*), con presencia de plantas epifitas, musgos, líquenes y con una cobertura de hojarasca; poco perturbado y sin compactación evidente del suelo (Fig. 6).

2. Sitio de bosque alterado (BA): Ubicado en las coordenadas 19°55'11.84" latitud norte y 99°29'55.4" longitud oeste, a una altitud de 2584 msnm, aunque es una zona que presenta características de bosque se encuentra cercana a algunas viviendas, este sitio se encuentra expuesto a perturbación y compactación del suelo por animales domésticos y personas, además de que se observa una disminución en la cubierta vegetal, comparada con BC (Fig. 7).

3. Sitio de uso agrícola (UA): Ubicado en las coordenadas 19°55'18.52" latitud norte y 99°29'58.02" longitud oeste, a una altitud de 2582 msnm, con un cultivo de maíz (*Zea mays*) y agave pulquero (*Agave sp.*), además de que crecen herbáceas y pastos (*Muhlenbergia sp.* y *Bouteloua sp.*). (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981) las prácticas de manejo consisten en labranza con azadón y pico, con un alto grado de compactación del suelo (Fig. 8).

4. Sitio de suelo erosionado (SE): Ubicado en las coordenadas 19°55'0.60" latitud norte y 99°29'57.3" longitud oeste, a una altitud de 2569 msnm, esta área se encuentra altamente erosionada, prácticamente sin cobertura vegetal solo con algunos cedros (*Cedrus sp.*) y eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) como producto de intentos de reforestación con poco éxito (Fig. 9).



Figura 7. Bosque Conservado: *Quercus sp.*, *Arbutus sp.*, *Laurus sp.*



Figura 8. Bosque Alterado: *Quercus sp.*, *Arbutus sp.*



Figura 9. Uso Agrícola: *Zea mays*, *Agave sp.*, *Muhlenbergia sp.*, *Bouteloua sp.*



Figura 10. Suelo Erosionado: *Cedrus sp.*, *Eucalyptus sp.*

Se realizaron cuatro muestreos, para determinar las fechas de colecta se tomó en cuenta, la temperatura y precipitación promedio por mes, registradas en la estación meteorológica 00013149: El Banco, durante el periodo de 1981 a 2010 (Fig. 3).

Las fechas de colecta fueron:

- 5 de Mayo de 2012
- 3 de Agosto de 2012
- 11 de noviembre de 2012
- 4 de Febrero de 2013

En cada uno de los cuatro sitios se tomaron cuatro muestras de suelo superficiales para extraer los organismos y cuatro muestras más para realizar los análisis del suelo. Se realizó un muestreo estratificado (Webster y Oliver, 2001); Se definió un punto central y a partir de este se trazaron 3 transectos de 25 metros de largo, como se muestra en la figura 11.

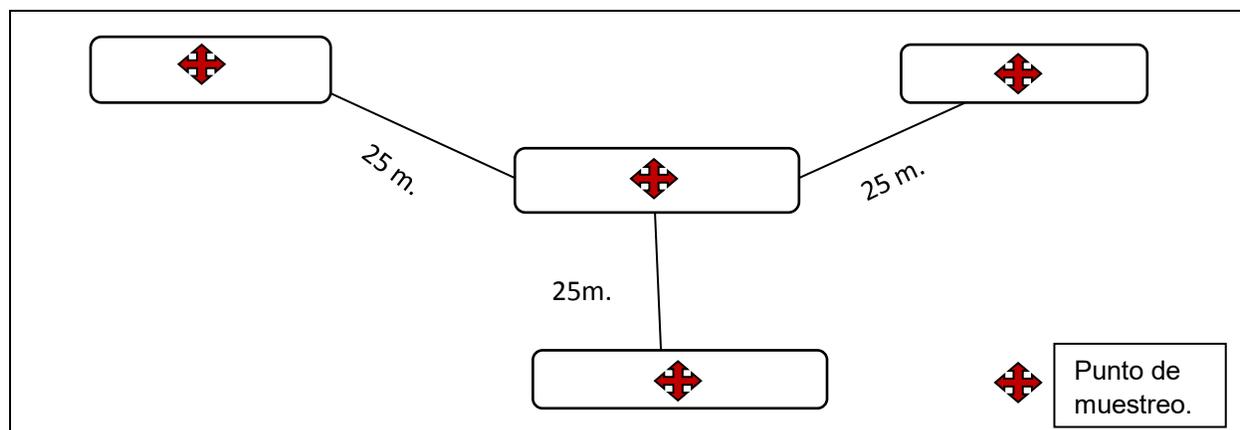


Figura 11. Esquema del muestreo estratificado en cada sitio.

En total se tomaron 64 muestras para la extracción de organismos, y 64 para la realización de los análisis fisicoquímicos del suelo, durante todo el estudio.

Las muestras de las que se obtuvieron los organismos se tomaron en recipientes de plástico (10 x 10 x 5 cm) que fueron transportados al laboratorio en una hielera para mantener la humedad y la temperatura constantes.

Las muestras colectadas para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo se colocaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas.

6.2. Procesamiento de las muestras

6.2.1. Extracción, montaje e identificación de los organismos

Las muestras de suelo, destinadas a la extracción de organismos, se transportaron al Laboratorio de Acarología “Anita Hoffmann” de la Facultad de Ciencias y se procedió a procesar las muestras mediante embudos de Berlese-Tullgren, sobre los cuales se colocó un tamiz con un diámetro de malla de 3 mm, sobre el tamiz se colocó la muestra de suelo, la cual se expuso a una fuente directa de luz (un foco de 25 W) a una distancia de 40 cm, esto durante un periodo de 6 días (3 con el foco apagado y los siguientes tres con el foco encendido). Durante este tiempo los organismos se concentraron en la parte inferior para caer en frascos de boca ancha con alcohol etílico al 70% como conservador, para su posterior separación e identificación.

Se usó microscopio estereoscópico para la separación y conteo a nivel de morfoespecies, así como microespátulas, microagujas y pequeños viales donde se fueron colocando los organismos separados en alcohol al 70%. Después se montaron algunos de los ácaros del Orden Prostigmata en preparaciones semipermanentes en líquido de Hoyer, de acuerdo a la metodología contenida en Guzmán *et al.*, (2012) descrita en el anexo III.

Para la identificación a nivel de familia se usaron las claves taxonómicas de Krantz and Walter (2009) y Kethley (1990). Las identidades taxonómicas se ilustran con fotografías tomadas con un Microscopio con contraste diferencial de interferencia Axioscop plus II de Zeiss, equipado con una cámara Axiocam MRc.

Para cotejar los registros de los taxa identificados y determinar los nuevos registros para el Estado de México, se utilizó el trabajo de Hoffmann y López (2000).

6.2.2. Análisis fisicoquímicos del suelo

El suelo colectado, se secó y después se tamizó con una malla de 2 mm de diámetro. Los análisis fisicoquímicos del suelo que se realizaron a las muestras para todos los sitios de muestreo se enlistan a continuación.

La metodología utilizada se describe en el Anexo III.

6.2.2.1. Análisis físicos del suelo

1. Humedad del suelo por gravimetría (Baver *et al.*, 1991; van Reeuwijk, 2002).
2. Color, en seco y húmedo, por comparación con las tablas de Munsell (Munsell, 1990).
3. Densidad aparente por el método de la probeta (Baver *et al.*, 1991).
4. Densidad real por el método del picnómetro (Baver *et al.*, 1991).
5. Porcentaje de espacio poroso con base en la relación entre las densidades real y aparente (Baver *et al.*, 1991).
6. Textura por el método de Bouyoucos (Baver *et al.*, 1991; van Reeuwijk, 2002).

Los análisis físicos, se realizaron en todos los puntos de muestreo, solo para la estación de primavera (16 muestras, cuatro por sitio), excepto el porcentaje de humedad, este se realizó a las muestras colectadas en todos los sitios de muestreo y durante los cuatro muestreos (64 muestras), ya que se consideró puede variar con los cambios estacionales.

6.2.2.2. Análisis químicos del suelo

1. pH por medio de un potenciómetro, con agua destilada y con KCl en la relación 1:2.5 (van Reeuwijk, 2002).
2. Contenido de materia orgánica y contenido de Carbono por el método de Walkley y Black (van Reeuwijk, 2002).

Estos análisis químicos se realizaron a las muestras de todos los puntos de muestreo y durante los cuatro muestreos (64 muestras en total) ya que se consideró que pueden variar con los cambios climáticos estacionales.

Todos los análisis fisicoquímicos del suelo se realizaron en el laboratorio de Edafología “Profesor Emérito Nicolás Aguilera” de la Facultad de Ciencias, UNAM.

7. RESULTADOS

7.1 Familias colectadas del orden Prostigmata.

Los ácaros de el orden Prostigmata se determinaron a nivel de familia, se obtuvieron 22 Familias, agrupadas en 11 Superfamilias. De las cuales siete familias son nuevos registros para el Estado de México (cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de familias de ácaros del orden Prostigmata.

Superfamilia	Familia
Bimichaelioidea	Alycidae*
	Lordalycidae*
	Nanorchestidae
Eupodoidea	Eupodidae
	Penthalodidae
	Rhagidiidae
Tydeoidea	Tydeidae
Bdelloidea	Bdellidae
	Cunaxidae
Raphignathoidea	Stigmaeidae
	Caligonellidae*
	Camerobiidae*
Cheyletoidea	Cheyletidae
Tetranychoida	Tenuipalpidae
	Linotetranaeidae*
Pygmephoroida	Pygmephoridae
	Scutacaridae
Anystoidea	Adamystidae
	Teneriffiidae*
Erythraeoidea	Erythraeidae
	Smarididae*
Trombidoidea	Trombidiidae

*Primer registro para el Estado de México, de acuerdo con Hoffmann y López, 2000.

7.2. Láminas de ácaros del orden Prostigmata.

Se muestran las fotografías tomadas a algunos de los ejemplares montados, con el fin de ilustrar las familias identificadas.

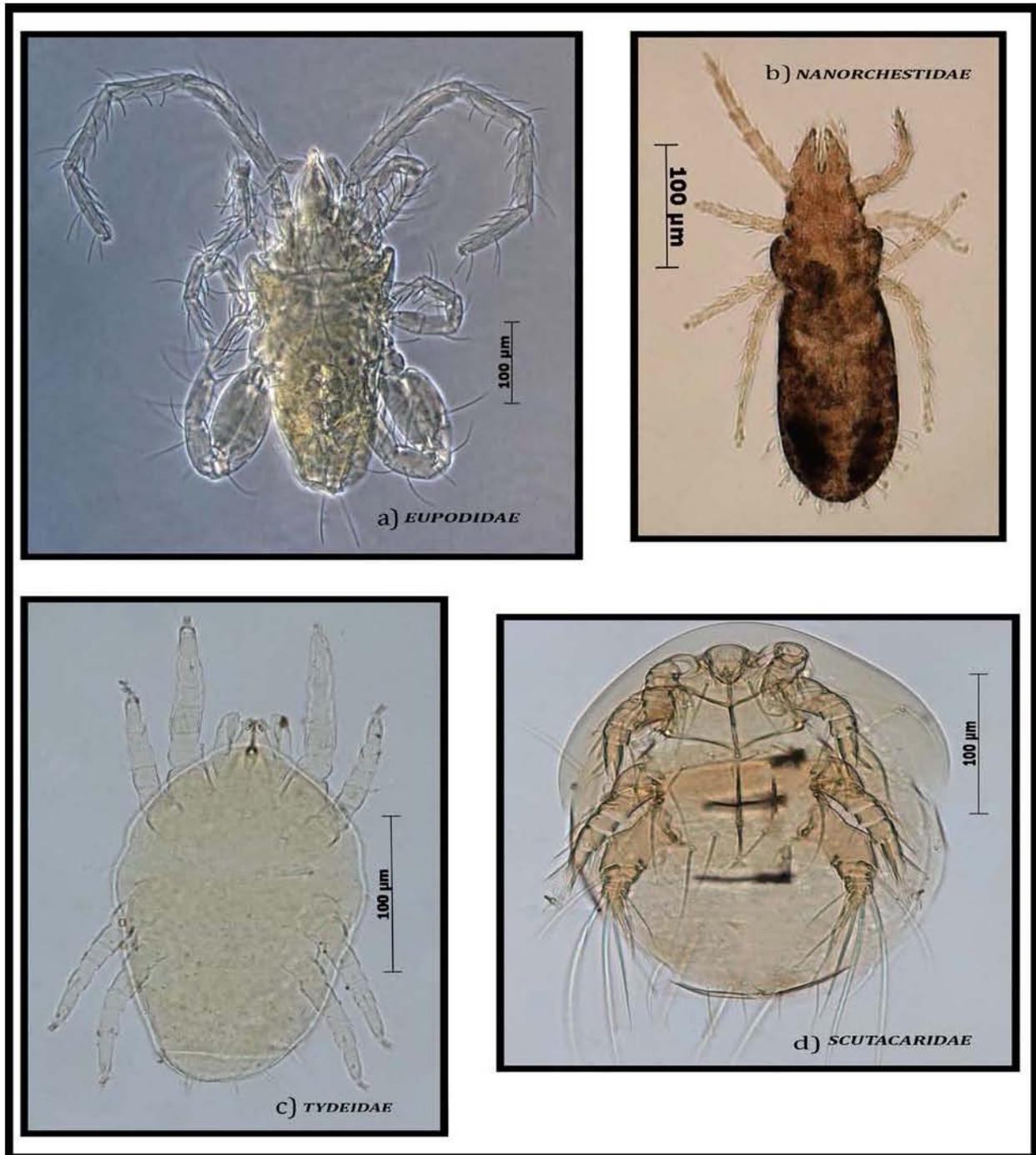


Lámina 1. a), b), c) y d): familias más abundantes y presentes en todos los sitios.

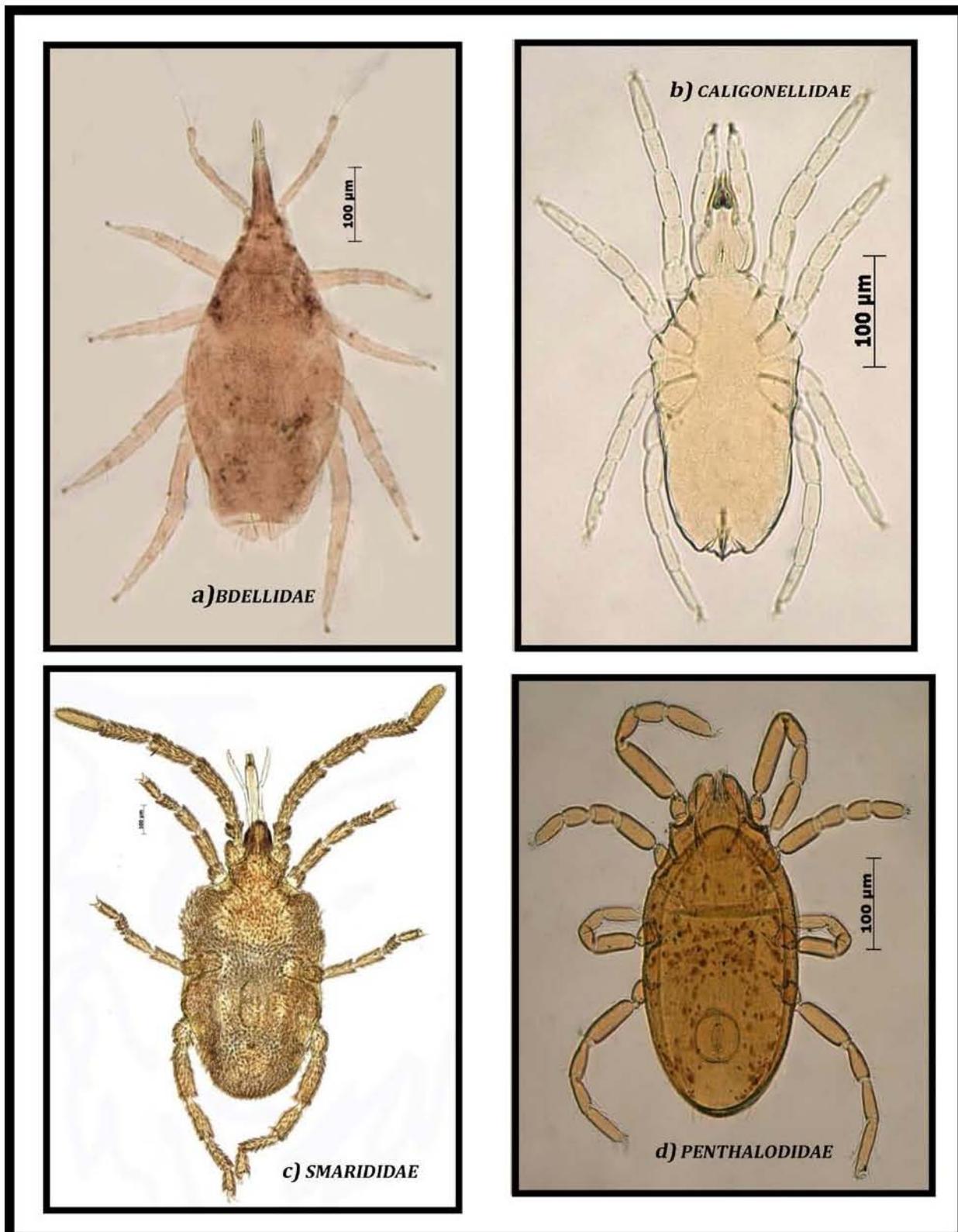


Lámina 2. a), b) y c): presentes en los cuatro sitios; d): en bosque conservado, uso agrícola y suelo erosionado.

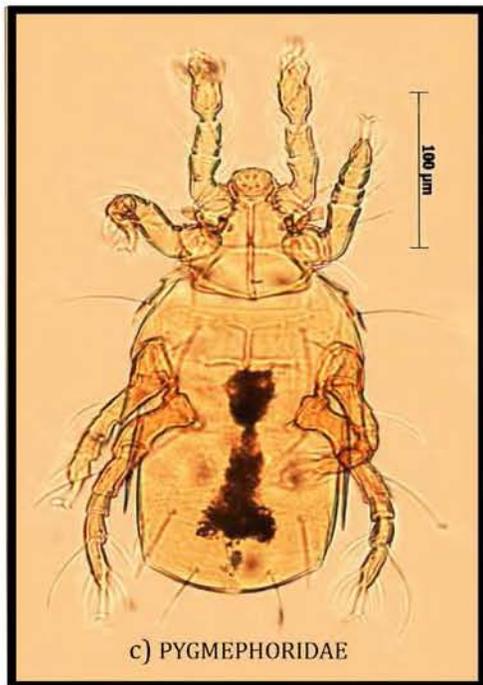
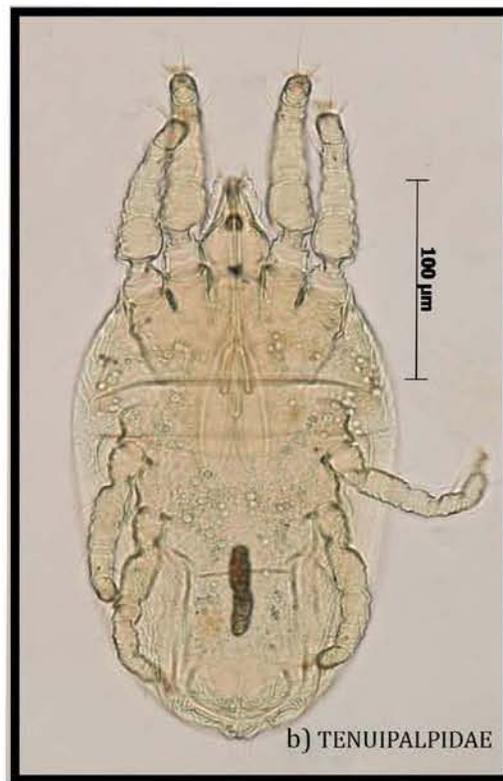
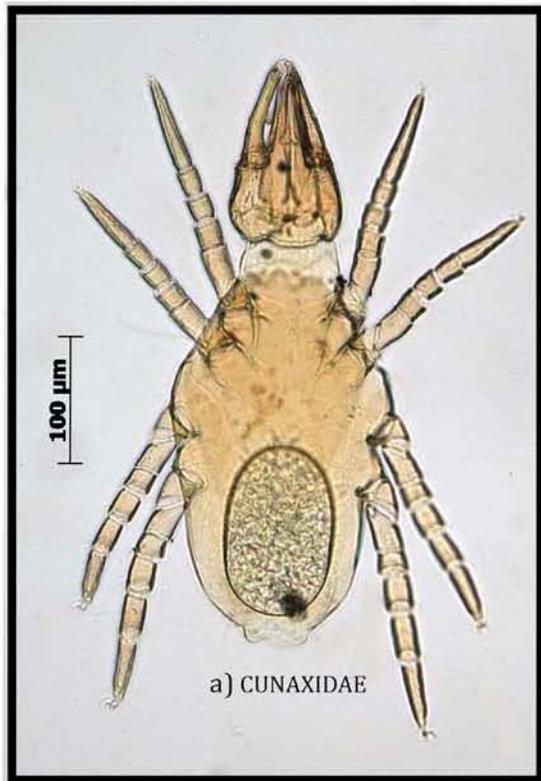


Lámina 3. a), b), c) y d): presentes en bosque conservado, bosque alterado y uso agrícola.

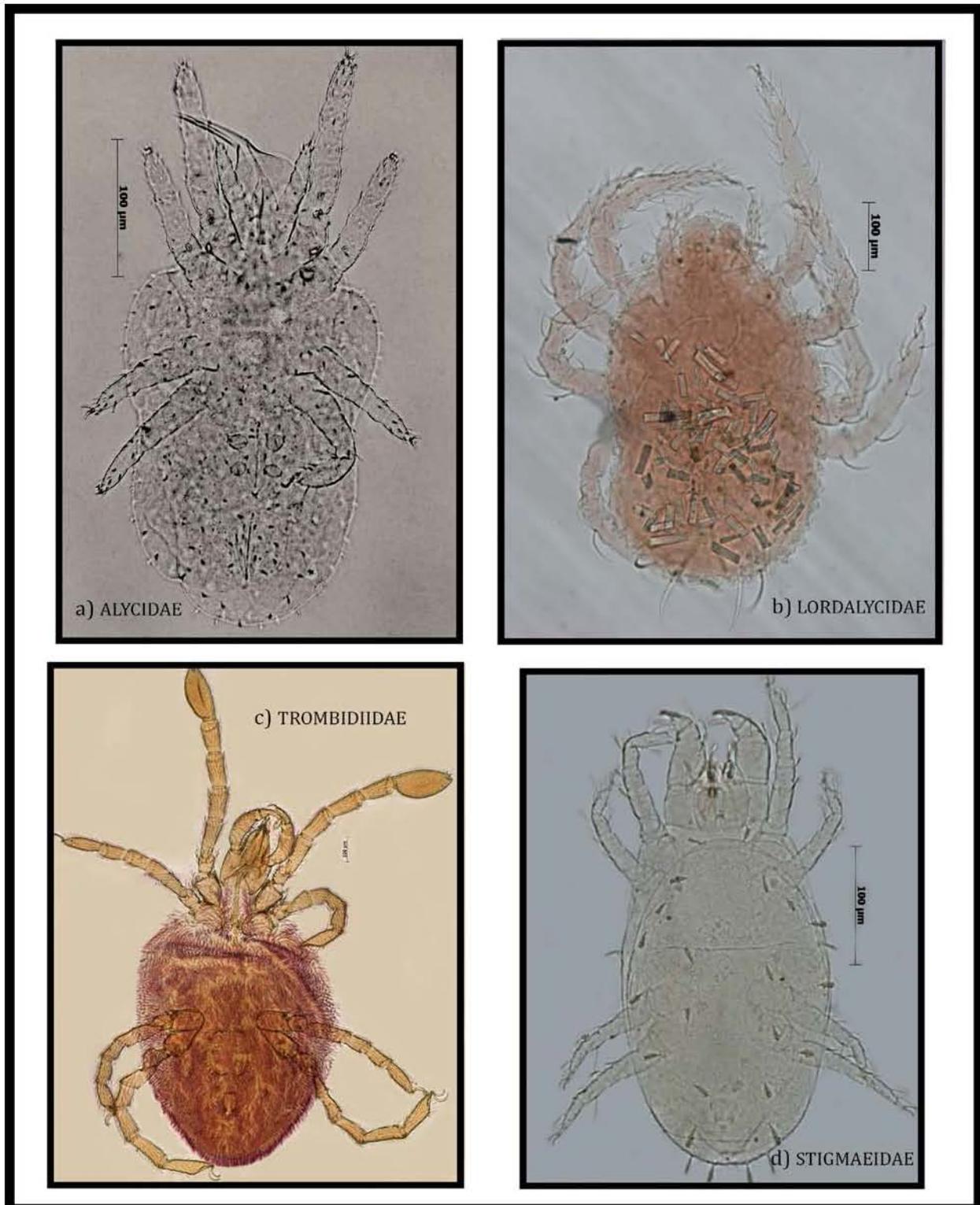
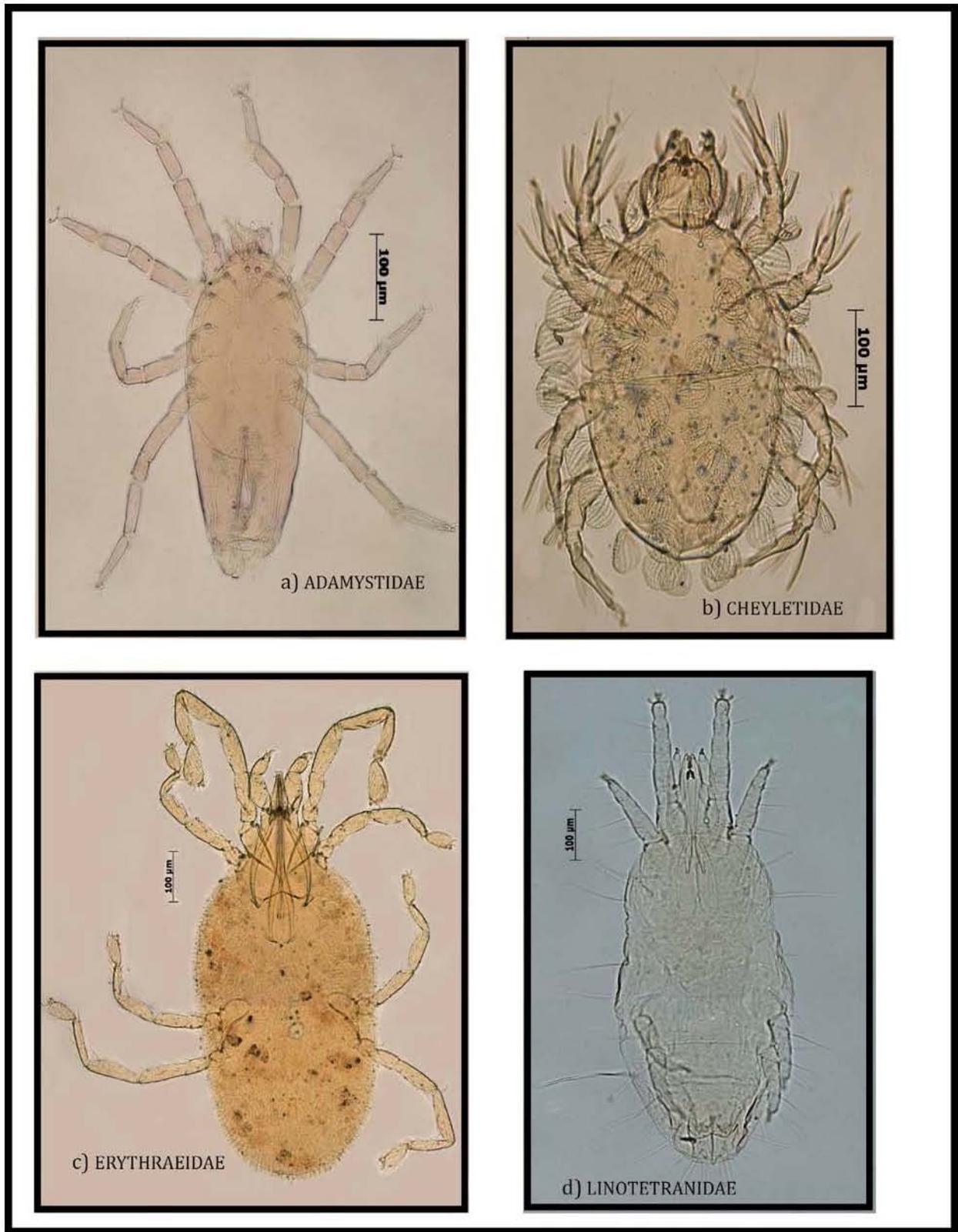


Lámina 4. a), b) y c): presentes en bosque conservado; d): presente en uso agrícola.



. Lámina 5. a), b), c) y d): presentes en uso agrícola y en suelo erosionado

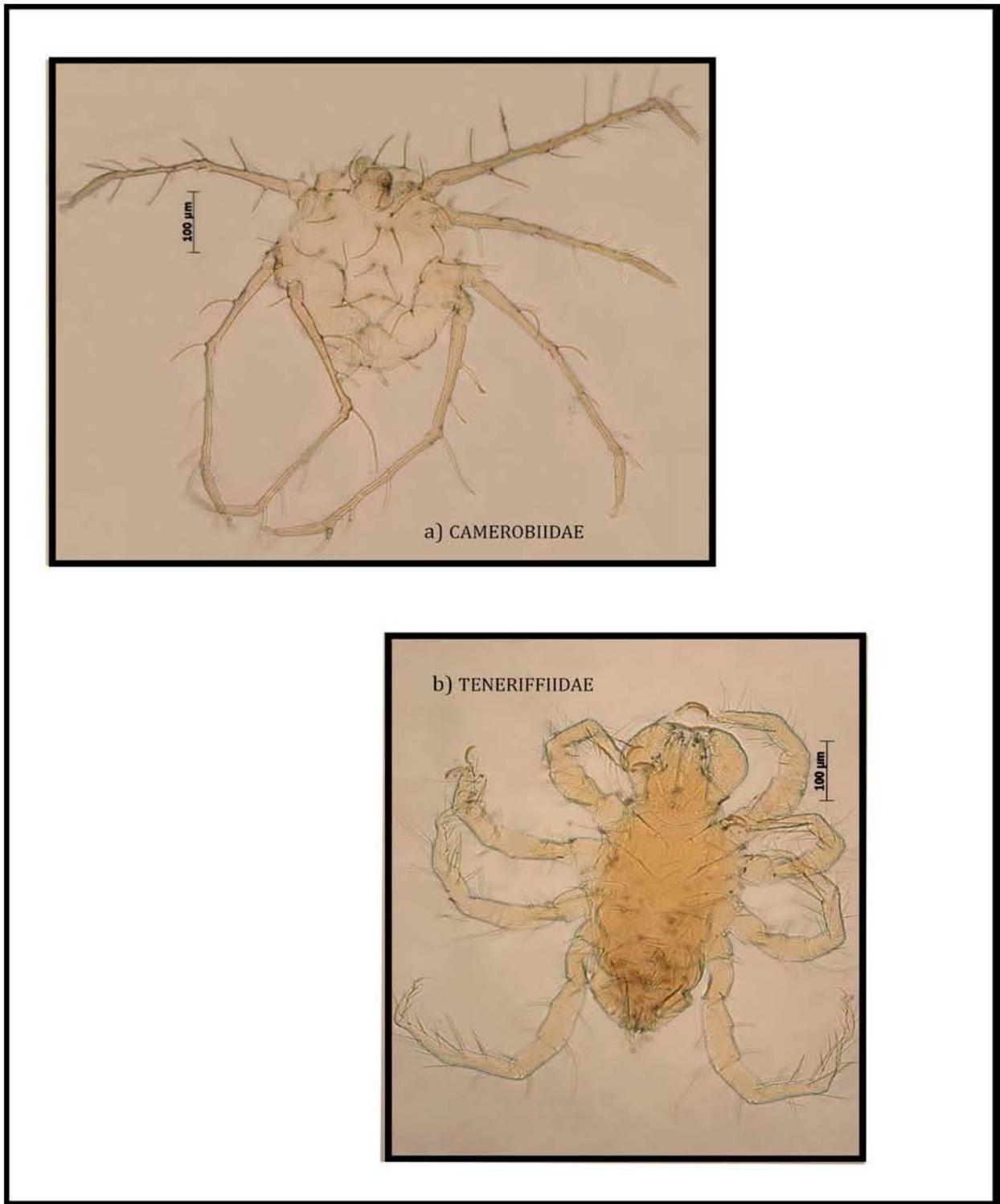


Lámina 6. a) y b): presentes en suelo erosionado.

También se presenta una breve diagnosis de cada una de las familias identificadas en el Anexo II.

7.3. Abundancia total de ácaros

Se colectaron un total de 13,759 ácaros durante todo el estudio; (36%) son Prostigmata, ocupando el segundo lugar en abundancia, los Oribatida fueron los más abundantes con un 48% del total de los ácaros colectados, los Mesostigmata representan el 14% y los Astigmata el (2%) (Fig. 12).

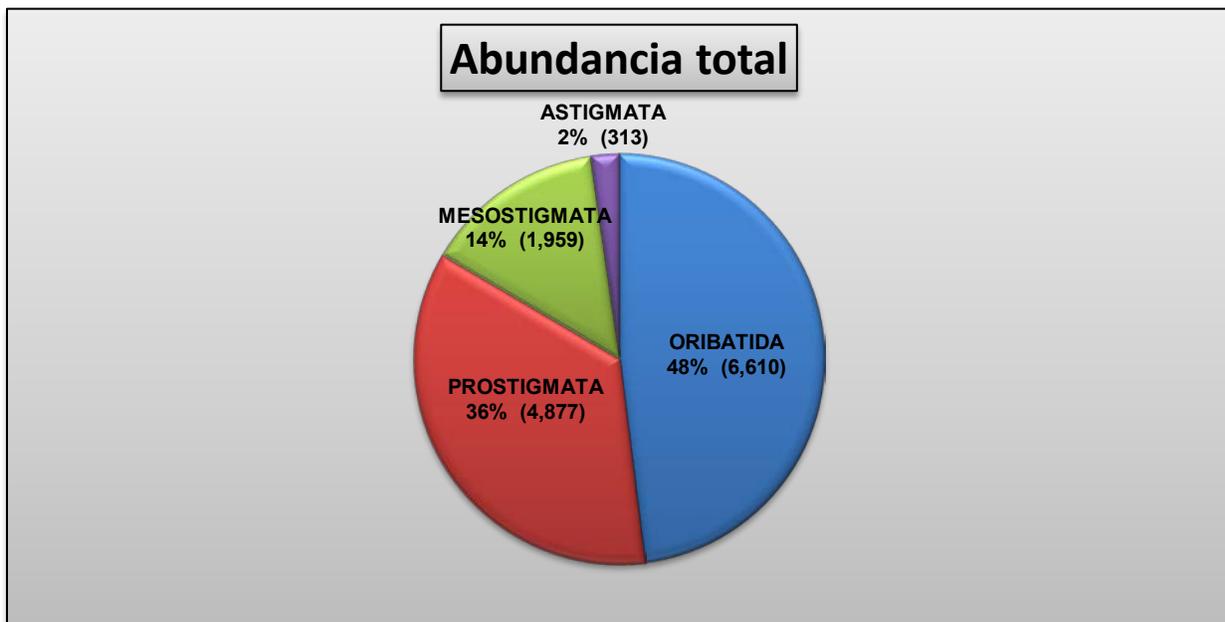


Figura 12. Abundancia total y relativa de ácaros por orden, colectados en una ladera de microcuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

En BC se colectaron 6,524 ácaros, seguido de BA con 4,682, de UA con 1,882 y por último 672 (Fig. 13).

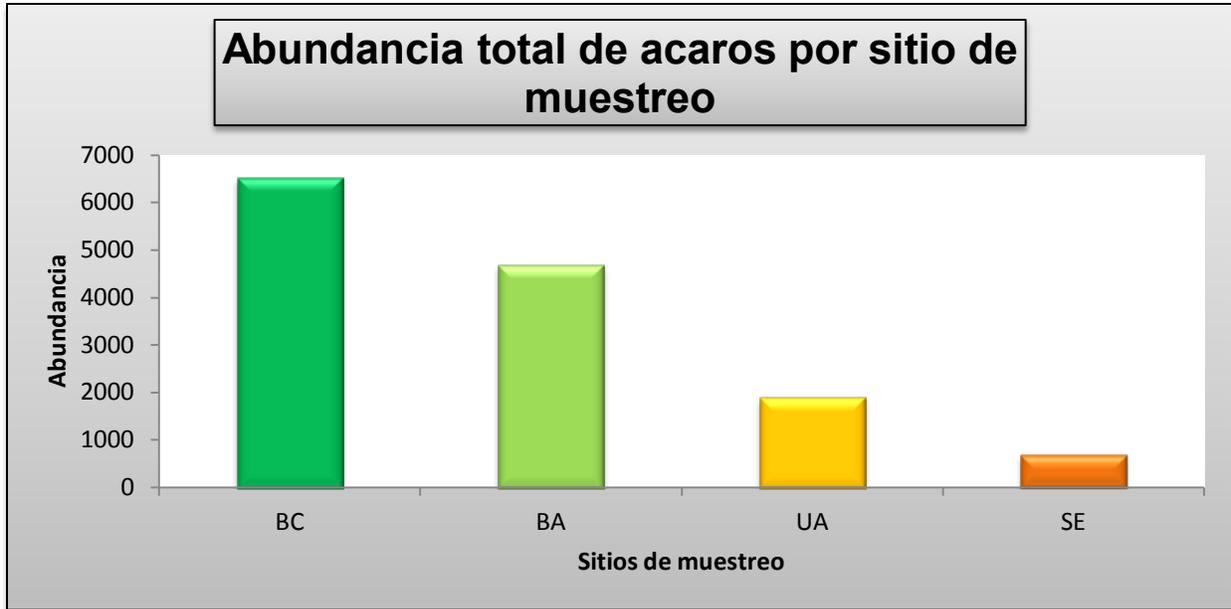


Figura 13. Abundancia total de ácaros colectados (Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata y Astigmata) por sitio de muestreo, en una ladera de la microcuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

En BC y BA los Oribatida son los más abundantes representan el 52 y 57% respectivamente del total de ácaros; En los UA y SE, el orden Prostigmata es el más abundante ya que representa el 63 y 85% respectivamente (Figuras 14, 15, 16 y 17).

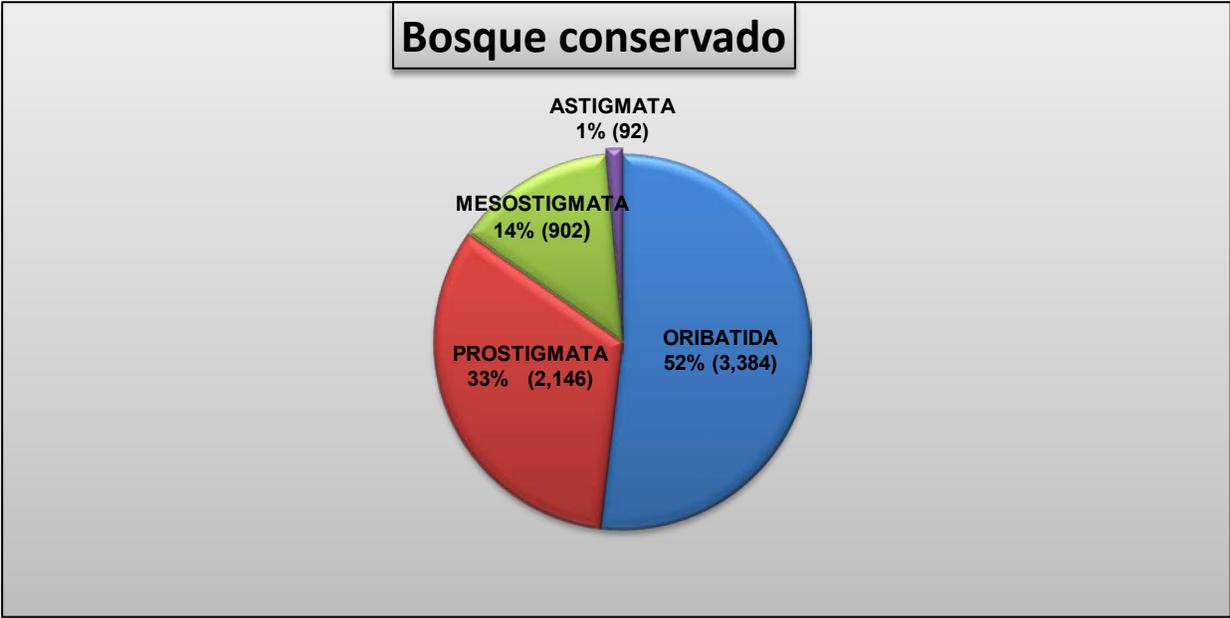


Figura 14. Abundancia relativa por orden de ácaros colectados en el sitio bosque conservado, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

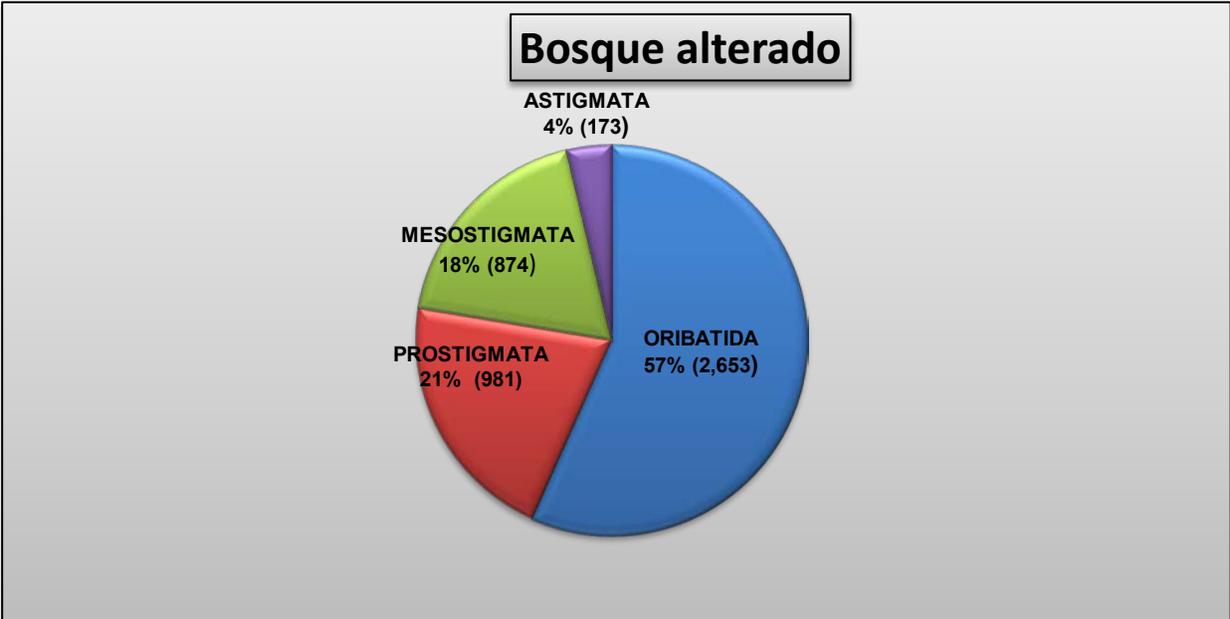


Figura 15. Abundancia relativa por orden de ácaros colectados en el sitio bosque alterado, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

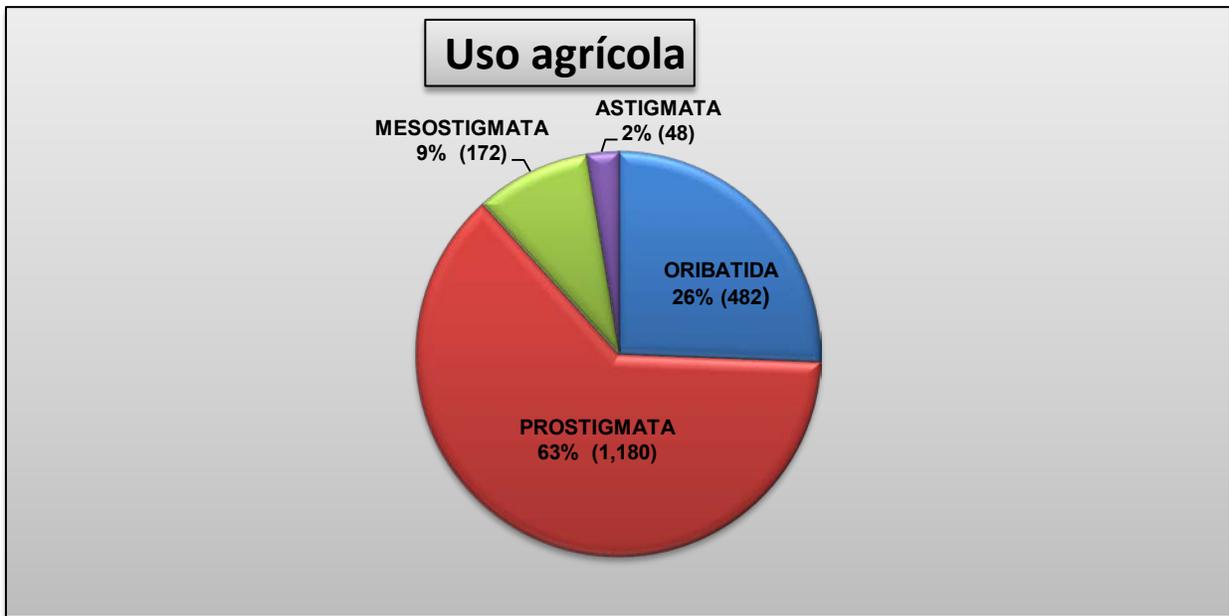


Figura 16. Abundancia relativa por orden de ácaros colectados en el sitio uso agrícola, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.



Figura 17. Abundancia relativa por orden de ácaros colectados en el sitio suelo erosionado, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México, México.

7.4. Abundancia del orden Prostigmata

Durante todo el estudio se colectaron 4,877 ácaros del orden Prostigmata, la mayor abundancia se registró en el sitio de bosque conservado con 2,146 organismos, seguido de uso agrícola con 1,180, el bosque alterado con 981, y el suelo erosionado que presentó la menor abundancia con 570 ácaros (Fig. 18).



Figura 18. Abundancia total del orden Prostigmata colectados en cuatro sitios de muestro, con diferente cobertura vegetal y uso de suelo, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México. BC: bosque conservado, BA: bosque alterado, UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Las familias Eupodidae, Nanorchestidae, Scutacaridae, Tydeidae, Bdellidae, Caligonellidae y Smarididae están presentes en los cuatro sitios; Cunaxidae, Tenuipalpidae, Pygmephoridae y Rhagidiidae se encuentran en todos los sitios, excepto en SE; Penthelodidae está presente en todos los sitios excepto en el BA; Alycidae, Lordalycidae y Trombidiidae, están presentes únicamente en BC; Adamystidae, Cheyletidae, Erythraeidae, y Linotetránidae, se encuentran tanto en UA como en SE; Stigmaeidae solo en UA y finalmente Camerobiidae y Teneriffidae solo están presentes en SE.

Las familias más abundantes y presentes los cuatro sitios fueron: Eupodidae, Nanorchestidae, Tydeidae y Scutacaridae (Fig. 19).

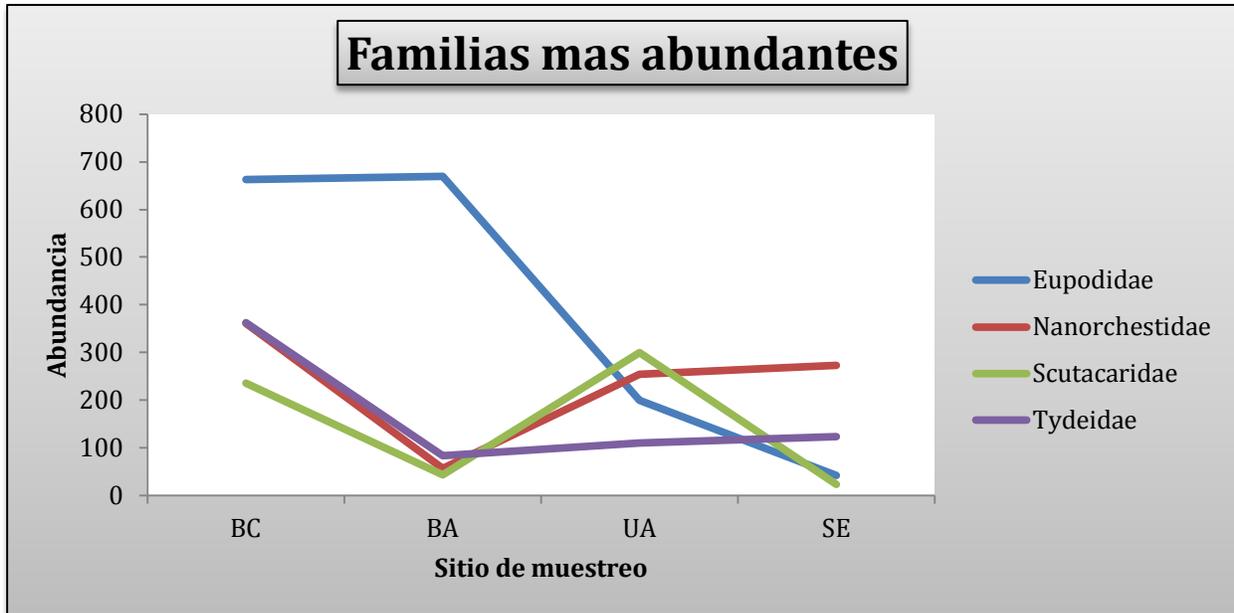


Figura 19. Familias más abundantes del orden Prostigmata colectados en cuatro sitios con diferente cobertura vegetal y uso de suelo, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México, México. BC: bosque conservado, BA: bosque alterado, UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

7.5. Abundancia de familias del orden Prostigmata por sitio de colecta

De las 22 familias de ácaros Prostigmata colectadas, 17 estuvieron presentes en UA, siendo el sitio con mayor número de familias; en BC se colectaron 15, en SE 14, y en BA solo 11 familias.

7.5.1. Bosque conservado

En el sitio de bosque conservado las cinco familias más abundantes, en orden de mayor a menor, fueron: Eupodidae, Tydeidae, Nanorchestidae, Scutacaridae y Tenuipalpidae (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancia por familia del orden Prostigmata colectados en el suelo del sitio de bosque conservado, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

Bosque conservado						
Familia	Mayo 2012	Agosto 2012	Noviembre 2012	Febrero 2013	Total	%
Alycidae	0	0	2	0	2	0.09
Bdellidae	2	16	1	9	28	1.3
Caligonellidae	0	0	0	1	1	0.05
Cunaxidae	22	2	7	33	64	3.0
Eupodidae	303	105	57	198	663	31
Lordalycidae	0	16	0	41	57	3
Nanorchestidae	21	203	17	97	338	16
Penthalodidae	28	0	0	0	28	1
Pygmephoridae	2	8	45	26	81	4
Rhagidiidae	9	35	19	3	66	3
Scutacaridae	12	21	135	67	235	11
Smarididae	0	3	6	4	13	0.6
Tenuipalpidae	0	24	1	158	183	9
Trombidiidae	0	2	0	0	2	0.09
Tydeidae	49	141	75	120	385	18
Total	448	576	365	757	2,146	100

7.5.2. Bosque alterado

En el sitio de bosque alterado las familias más abundantes, en orden de mayor a menor, fueron Eupodidae, Tydeidae, Rhagidiidae, Nanorchestidae y Scutacaridae (Cuadro 3).

Cuadro 3. Abundancia por familia del orden Prostigmata colectados en el suelo del sitio de bosque alterado, en una ladera de la micro cuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

Bosque alterado						
FAMILIA	Mayo 2012	Agosto 2012	Noviembre 2012	Febrero 2013	Total	%
Bdellidae	10	1	5	12	28	3
Caligonellidae	0	0	0	2	2	0.2
Cunaxidae	8	0	0	9	17	2
Eupodidae	175	117	155	222	669	68
Nanorchestidae	0	28	5	24	57	6
Pygmephoridae	7	2	0	6	15	2
Rhagidiidae	27	20	6	10	63	6
Scutacaridae	8	10	9	17	44	4
Smarididae	1	0	0	0	1	0.1
Tenuipalpidae	2	0	0	0	2	0.2
Tydeidae	4	12	43	24	83	8
Total	242	190	223	326	981	100

7.5.3. Uso agrícola

En el sitio de uso agrícola, la familia más abundante, en orden de mayor a menor, fueron Scutacaridae, Nanorchestidae, Eupodidae y Tydeidae (Cuadro 4).

Cuadro 4. Abundancia por familia del orden Prostigmata colectados en el suelo del sitio de uso agrícola, en una ladera de la microcuenca del río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

Uso agrícola						
FAMILIA	Mayo 2012	Agosto 2012	Noviembre 2012	Febrero 2013	Total	%
Adamystidae	3	0	1	0	4	0.3
Bdellidae	7	2	3	5	7	1.4
Caligonellidae	0	22	17	7	6	3.9
Cheyletidae	2	0	0	0	2	0.2
Cunaxidae	0	6	37	0	3	3.6
Erythraeidae	19	1	1	0	21	1.8
Eupodidae	9	133	57	1	200	16.9
Linotetránidae	0	2	39	5	46	3.9
Nanorchestidae	45	138	24	42	249	21.1
Penthalodidae	0	6	2	0	8	0.7
Pygmephoridae	0	86	11	0	97	8.2
Rhagidiidae	0	9	0	1	10	0.8
Scutacaridae	0	271	29	0	300	25.4
Smarididae	1	0	0	0	1	0.1
Stigmaeidae	0	6	0	0	6	0.5
Tenuipalpidae	0	9	3	8	20	1.7
Tydeidae	0	56	36	18	110	9.3
Total	86	747	260	87	1,180	100

7.5.4. Suelo erosionado

En el sitio de suelo erosionado las Familias más abundantes, en orden de mayor a menor, fueron Nanorchestidae, Tydeidae, Eupodidae y Bdellidae (Cuadro 5).

Cuadro 5. Abundancia por familia de Prostigmata colectados en el suelo del sitio de suelo erosionado en una ladera de la micro cuenca del Río Dexcani, Jilotepec, Estado de México.

Suelo Erosionado						
FAMILIA	Mayo 2012	Agosto 2012	Noviembre 2012	Febrero 2013	Total	%
Adamystidae	1	0	0	0	1	0.2
Bdellidae	18	4	10	6	38	7
Caligonellidae	12	2	2	2	18	3
Camerobiidae	0	0	2	2	4	0.7
Cheyletidae	0	0	3	1	4	0.7
Erythraeidae	8	0	4	0	12	2
Eupodidae	0	34	8	0	42	7
Linotetranidae	0	7	4	4	15	3
Nanorchestidae	95	83	30	65	273	48
Penthalodidae	0	10	0	0	10	2
Scutacaridae	0	19	4	0	23	4
Smarididae	0	0	1	2	3	0.5
Teneriffiidae	0	2	1	1	4	0.7
Tydeidae	0	6	7	110	123	22
Total	134	167	76	193	570	100

7.6. Análisis fisicoquímicos del suelo.

7.6.1. Análisis físicos del suelo.

Se realizó la determinación de porcentaje de humedad, a las muestras correspondientes a las cuatro fechas de muestreo Cuadro 6.

Cuadro 6. Determinación de porcentaje de humedad en los distintos sitios, por fecha de muestreo. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Muestreo	sitio	% de Humedad
Mayo 2012	BC	30.4
	BA	25.8
	UA	10.5
	SE	10.6
Agosto 2012	BC	73.6
	BA	46.0
	UA	23.9
	SE	24.8
Noviembre 2012	BC	72.2
	BA	45.8
	UA	24.0
	SE	27.9
Febrero 2013	BC	25.2
	BA	21.7
	UA	18.6
	SE	16.3

La cantidad de agua en el suelo, está en relación con el espacio poroso, el agua es retenida por los suelos debido a las fuerzas de adsorción de la materia orgánica, de los elementos inorgánicos, así como de otras moléculas de agua (Aguilera, 1989). El porcentaje de humedad en BC tuvo un rango del 25.2 a 73.6 %, en BA fue del 21.7 a 46%, en UA del 8.6 a 24% y en SE fue del 10.6 a 27.9%. Los sitios BC y BA, cuentan con una capa de hojarasca que favorece la retención de agua por lo que el porcentaje

de humedad en estos sitios es más alto que en UA y SE, que tienen un uso de suelo diferente al forestal.

En todos los sitios se observa que el porcentaje de humedad es mayor en las colectas de agosto y noviembre que corresponden al periodo de lluvias, y disminuye en febrero y mayo, que es periodo de secas.

También se realizaron, las determinaciones físicas: color, densidad aparente, densidad real, % de porosidad y textura, a las muestras de suelo colectadas en los cuatro sitios, únicamente para la primera colecta, los resultados de estas determinaciones por sitio de muestreo se enlistan en los cuadros 7, 8 y 9.

Cuadro 7. Determinación de color por sitio de muestreo. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Sitio	Color	
	En seco	En húmedo
BC	10YR 5/3 pardo	10YR 3/3 pardo oscuro
BA	10YR 5/3 pardo	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro
UA	10YR 5/6 pardo amarillento	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro
SE	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro

El color del suelo está relacionado con los porcentajes de materia orgánica, el clima, el drenaje y la mineralogía del suelo. El color oscuro de un suelo se debe a que es rico en materia orgánica, en húmedo probablemente sea casi negro y en estado seco gris o pardo (Thompson y Troeh, 1982), en este estudio se observa que en los sitios BC y BA, donde la vegetación asegura un aporte constante de materia orgánica, el suelo es más oscuro que en UA y SE, donde la vegetación es menos densa.

Cuadro 8. Determinaciones de densidad real, densidad aparente y % de porosidad por sitio de muestreo. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Sitio	Densidad Aparente Mg·m ⁻³	Densidad real Mg·m ⁻³	% Porosidad
BC	0.7	2.2	68.4
BA	0.8	2.4	64.5
UA	1	2.4	58.2
SE	1	2.5	59.0

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen. En suelos forestales varía desde 0.2 hasta casi 1.9 Mg·m⁻³ (Pritchett, 1986), La densidad aparente en los suelos orgánicos es menor que en suelos minerales. Cuando las labores de cultivo y el pisoteo de animales domésticos y del hombre compactan el suelo, provocan una pérdida de materia orgánica, y un aumento en la densidad aparente (Thompson y Troeh, 1982), como en los sitios UA y SE, donde la densidad aparente es mayor que en los sitios BC y BA, debido al poco contenido de materia orgánica.

La densidad real, es la relación que existe entre la masa de las partículas secas y el volumen real de la fase sólida, en los suelos minerales oscila entre 2.6 y 2.7 Mg·m⁻³, los suelos orgánicos presentan valores más bajos (Thompson y Troeh, 1982), en este estudio el sitio BC tuvo el valor más bajo y SE el más alto.

El porcentaje de porosidad es la parte del volumen del suelo que no es tá ocupado por partículas minerales, la porosidad es importante porque en ausencia de poros, el suelo no sería un medio adecuado para la vida (Thompson y Troeh, 1982), Los suelos arenosos superficiales tienen una porosidad de 35 a 50% aproximadamente, mientras que los suelos de textura mediana y fina varían del 40 a 60% o más. La cantidad y naturaleza de la materia orgánica así como la actividad de la flora y fauna del suelo influyen en el porcentaje de porosidad y en la estructura del suelo (Pritchett, 1986), en este estudio la porosidad oscilo del 58.2 a 68.4%, el sitio donde se registró mayor porcentaje de porosidad, fue en BC, seguido de BA y los que presentaron menor porcentaje de porosidad fueron UA y SE, debido a que estos sitios están expuestos a la compactación, el de uso agrícola debido a las labores de cultivo que provocan una reducción en el contenido de materia orgánica y el de suelo erosionado debido a la falta de cobertura vegetal.

La fauna del suelo tiene un efecto favorable en la porosidad del suelo, permitiendo una mejor aireación, distribución de nutrientes, movimiento del agua y crecimiento de raíces (Porta *et al.*, 1999).

Cuadro 9. Determinación de textura por sitio de muestreo. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Sitio	% arena	% limo	% arcilla	Textura
BC	40	44.5	15.5	Migajón
BA	42.7	22	35.3	Migajón arcilloso
UA	42.7	35.6	21.7	Migajón
SE	33.4	22.7	43.9	Arcilla

Las partículas de suelo se distribuyen en diferentes fracciones de acuerdo a su tamaño. La distinta proporción de arena, limo y arcilla define la textura de cada horizonte. Los minerales de arcilla, ejercen una gran influencia sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos como consecuencia de su pequeño tamaño, alta superficie específica y su capacidad de intercambiar cationes (Porta *et al.*, 1999) lo que les proporciona la capacidad de retener nutrientes y agua.

Se observa una concentración mayor de arcillas en los sitios BA y SE, esto debido a los movimientos de ladera que provocan arrastre de partículas. González (2013) identificó migración de arcillas a través de la ladera señalando que los sitios BA y SE se encuentran en partes cóncavas que son zonas en donde se concentra partículas, mientras que los sitios BC y UA están en partes convexas.

Los suelos que contienen demasiada arcilla presentan una elevada retención de agua, pero su aeración no es suficiente, un alto contenido de materia orgánica ayuda a superar este problema manteniendo las partículas de arcilla unidas entre sí, formando agregados entre los cuales queda espacio para el aire, (Thompson y Troeh, 1982). Los suelos de migajón tienen la arcilla suficiente para retener cantidades adecuadas de agua y nutrientes que aseguran un óptimo crecimiento vegetal, sin presentar dificultades de aireación. En los sitios BC, BA y UA el suelo contiene un porcentaje de materia orgánica que propicia una buena estructura, con texturas de migajón y migajón arcilloso, al contrario de SE con textura arcillosa, en este sitio se observa que el horizonte superficial A (materia orgánica) se ha perdido, provocando la acumulación de arcillas y contenidos muy bajos de materia orgánica (cuadros 9 y 10) esto reduce la porosidad y restringe el movimiento de agua y aire a través del suelo, así como la

penetración de raíces (Aguilera, 1989). En UA, a pesar de que tiene una textura de migajón, las labores agrícolas han provocado la compactación del suelo y la disminución de materia orgánica. La inclinación de la ladera que este caso es de 30% (González, 2013), hace el suelo más susceptible a la erosión, de esta manera vemos que el arrastre de arcillas ha contribuido a modificar la textura, sobre todo en SE, dificultando la supervivencia de la vegetación y de la fauna edáfica.

7.6.2. Análisis químicos del suelo.

Las determinaciones químicas: pH, % de materia orgánica y % de carbono, se realizaron durante los cuatro muestreos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Determinación de pH, Materia Orgánica y Carbono en los distintos sitios, por fecha de muestreo. BC: bosque conservado BA: bosque alterado UA: uso agrícola SE: suelo erosionado.

Muestreo	sitio	p H, agua 1:25	p H, KCl 1:25	% Materia Orgánica	% Carbono
Mayo 2012	BC	5.5	4.4	24.5	14.21
	BA	6.4	5.4	15.01	8.71
	UA	6.2	4.9	5.61	3.25
	SE	5.0	3.4	1.04	0.6
Agosto 2012	BC	6.1	5.0	24.5	14.21
	BA	6.1	5.0	13.8	8.0
	UA	5.3	3.8	6.04	3.5
	SE	5.0	3.2	0.69	0.4
Noviembre 2012	BC	5.8	4.7	26.7	15.51
	BA	6.2	4.9	14.15	8.4
	UA	6.7	5.2	5.78	3.35
	SE	5.3	3.2	0.35	0.2
Febrero 2013	BC	5.9	5.0	23.29	13.51
	BA	5.9	4.7	12.08	7.0
	UA	6.1	5.1	6.47	3.75
	SE	5.3	3.3	0.51	0.3

El pH en agua varía en un rango de 5.0 a 6.7, lo que concuerda con lo reportado por Rzedowski, 1978 y Pritchett, 1986 que indican que la mayor parte de los suelos forestales están en una escala de pH, entre los 3.5 a 6.5 aproximadamente.

Los porcentajes de materia orgánica en el suelo son importantes porque son reservorios de nutrientes que al ser degradados van a ser accesibles para la fauna del suelo (Estrada, 2012), además actúa como reguladora de pH, y modifica la estructura de las capas superficiales. El sitio donde se registró mayor porcentaje de materia orgánica y de carbono fue en BC con un rango del 23.29 a 26.7% considerándose con muy alto contenido de materia orgánica; el BA presentó un rango del 12.8 a 15.01% se considera con alto porcentaje, el UA presentó valores del 5.61 a 6.47% con porcentaje medio alto y finalmente SE con valores en un rango del 0.35 a 0.6% un muy bajo porcentaje de materia orgánica (Aguilera, 1989).

8. DISCUSIÓN

Entre los Microartrópodos que habitan en el suelo, los ácaros destacan tanto por su abundancia como por su diversidad de especies; dentro del grupo de los ácaros, los de el orden Prostigmata son los más abundantes en morfología y en diversidad biológica (Sánchez, 2008).

8.1. Familias colectadas y registros nuevos para el estado de México

En todo el estudio se identificaron 22 familias, que pertenecen a 11 superfamilias de ácaros del orden Prostigmata, las familias identificadas son: Alycidae, Lordalycidae, Nanorchestidae, Eupodidae, Penthhalodidae, Rhagidiidae, Tydeidae, Bdellidae, Cunaxidae, Stigmaeidae, Caligonellidae, Camerobiidae, Cheyletidae, Tenuipalpidae, Linotetránidae, Pygmephoridae, Scutacaridae, Adamystidae, Teneriffiidae, Erythraeidae, Smarididae y Trombidiidae.

Se tienen siete familias con registros nuevos para el estado de México: Alycidae, Lordalycidae, Caligonellidae, Camerobiidae, Linotetránidae, Smarididae y Teneriffiidae de acuerdo con lo registrado por Hoffmann y López (2000).

La familia Lordalycidae solo estuvo presente en BC, donde representa el 3% (57 organismos) de los ácaros del orden Prostigmata colectados en este sitio, los individuos de esta familia habitan musgos, líquenes y hojarasca por lo que probablemente solo se desarrollen en suelos ricos en materia orgánica; En México solo se han colectado en Puebla (Hoffmann y López, 2000). De la familia Alycidae solo se encontraron dos organismos, también en BC.

En los cuatro sitios se colectaron ácaros de la familia Caligonellidae, en UA (46 organismos) representan el 3.9% del total de los Prostigmata colectados en este sitio, y en SE (18 organismos) representan el 3%; En BC solo se colectó un organismo y en BA solo dos; Estos depredadores han sido asociados con suelos secos (Hoffmann y López-Campos, 2000), debido a esta preferencia se colectaron más organismos en los sitios UA y SE, que presentan valores bajos de humedad.

Las familias Teneriffiidae y Camerobiidae a las que se les considera como depredadores en hábitats secos (Krantz y Walter, 2009) estuvieron presentes solo en SE con cuatro organismos cada uno, otros depredadores no sobreviven en estas condiciones.

La familia Linotetránidae estuvo presente solo en los sitios UA con 46 organismos y SE con 15. Sánchez (1996) los registra como abundantes en suelo árido de Querétaro; Hoffmann y López (2000) reportan que han sido colectados en zonas semiáridas por lo que se puede decir que tienen preferencia por hábitats con poca humedad.

Los Trombidiidae y los grupos relacionados con estos son poco conocidos taxonómicamente y su clasificación está entre las de mayor dificultad dentro de los Prostigmata; En su estado larvario los ácaros de la familia Trombidiidae son ectoparásitos de muchos insectos y arácnidos (Zhang, 1999), en este estudio solo se colectaron 2 organismos de la familia Trombidiidae en BC.

Las ninfas y adultos de Smaridiidae son depredadores de pequeños artrópodos que habitan en la hojarasca y corteza de los árboles (Krantz y Walter, 2009), se colectaron 13 en BC, tres en SE y uno en BA y en UA.

8.2 Familias más abundantes

Las familias que están presentes en los cuatro sitios de muestreo y que presentan mayor abundancia son Eupodidae, Tydeidae, Nanorchestidae y Scutacaridae.

En los sitios BC y BA la familia Eupodidae fue la más abundante, seguida de Tydeidae, estas dos familias se consideran con más de un hábito alimenticio, por lo que pueden adaptarse a las condiciones del ambiente; los Tydeidae además de ser microfitófagos, también pueden ser depredadores, macrofitófagos e incluso parásitos. Entre los Eupodidae hay especies microfitófagos y depredadoras (Kethley, 1990).

En los otros dos sitios UA y SE, estas dos familias también están dentro de las más abundantes. La abundancia de estas dos familias en todos los sitios de muestreo

puede ser debido a sus variados hábitos alimenticios y a su pequeño tamaño. En UA las familias Scutacaridae y Nanorchestidae fueron las más abundantes, Scutacaridae ha sido encontrada en suelo, hojarasca, estiércol y compostas, además está relacionada con insectos de los cuales son foréticos (los usan para transportarse), como por ejemplo escarabajos y hormigas (Hoffmann y López, 2000; Krantz y Walter, 2009), por lo que su abundancia puede deberse a los insectos que frecuentan los cultivos y el estiércol de animales domésticos; A los ácaros pertenecientes a Nanorchestidae, su tamaño pequeño les permite vivir a cierta profundidad entre las capas del suelo para buscar humedad y alimento ya que pueden utilizar recursos poco accesibles para otros invertebrados, por ejemplo algas verdes microscópicas y esporas de hongos (Krantz y Walter, 2009). Los Nanorchestidae fue la familia más abundante en SE, seguida por Tydeidae (fig. 12).

La presencia de estas familias en esta zona concuerda con lo descrito por Kethley (1990) que señala que las familias abundantes en ecosistemas de bosque, son Nanorchestidae, Eupodidae, Rhagidiidae, Tydeidae, Pygmephoridae, Scutacaridae y Tarsonemidae; en el trabajo de Moreno (1985) sobre ácaros del Popocatepetl se reportan 14 familias de las cuales Tydeidae es la más abundante y Eupodidae es la segunda más abundante; Vázquez y López (1996) registran 13 familias de Prostigmata en una zona litoral de Veracruz en bosque deciduo de las cuales la más abundante fue Tydeidae y en 2009 en un bosque mixto de pino-encino, en Michoacán, encontraron 15 familias de Prostigmata de las cuales Tydeidae, Eupodidae, Cunaxidae y Tarsonemidae fueron las más abundantes. Por lo que se deduce que Eupodidae y Tydeidae son familias abundantes en suelos con uso forestal.

8.3. Relación de la acarofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en los distintos sitios de muestreo

En la figura 15 se observa que la abundancia de ácaros de los cuatro órdenes identificados (Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata y Astigmata), es mayor en BC, , seguido de BA y en UA y SE la abundancia es menor, esto está relacionado con las condiciones de humedad, pH, porosidad y contenido de materia orgánica que en el suelo de bosque son adecuadas para el desarrollo de los ácaros, además influye la cobertura vegetal, ya que la sombra de los árboles (en este caso encinos) cubre el suelo que se mantiene varios grados más fresco que en los suelos cultivados o con pérdida de vegetación; además la presencia de vegetación forestal y de hojarasca dan como resultado condiciones de humedad y de temperatura más uniformes que promueven el desarrollo de una población de microflora y fauna más abundante, diversificada y activa que las que se hallan en los suelos agrícolas (Pritchett, 1986).

Se ha visto que los organismos edáficos se ven influenciados directamente por las cantidades de materia orgánica; Vázquez y López (2008) realizaron un trabajo en una finca cafetalera en Oaxaca, donde estudiaron los ácaros del orden Prostigmata presentes en tres sitios con diferente tipo de suelo y cuantificaron los contenidos de materia orgánica encontrando una relación directamente proporcional entre la abundancia de Prostigmata respecto a los contenidos de materia orgánica en los diferentes sitios, en el presente estudio se observa esta relación para la abundancia de ácaros de cuatro órdenes (Fig. 15, Cuadro 10), con respecto a la abundancia de Prostigmata, se observa la misma relación, excepto en UA, donde es mayor que en BA (Fig. 12) esto debido a que en BA, predominan los Oribatida.

El porcentaje del orden Prostigmata con respecto al total de ácaros colectados, en los sitios BC (33%) y BA (21%) corresponde al reportado por Kethley (1990), que menciona que en los bosques el porcentaje del orden Prostigmata está entre el 20 y el 30%, debido a que el orden Oribatida incrementa su presencia en este medio. En este estudio, en ambos sitios el orden más abundante es el Oribatida, representando el 52

y el 56% respectivamente. Mientras que en UA el porcentaje del orden Prostigmata fue del 63% y en SE alcanzo el 85%.

El sitio BC fue donde se colectaron mayor número organismos del orden Prostigmata, a pesar de que solo representaron el 33% del total los ácaros colectados en este sitio, se encontraron 15 familias y también fue el sitio donde se colectaron mayor número de ácaros (de los cuatro órdenes identificados); se considera que tiene las condiciones óptimas para el desarrollo de estos organismos, sobre todo de los del orden Oribatida, porque estos ingieren directamente hojarasca (Sánchez, 2014), además de que la mayoría de estos requiere de condiciones de alta humedad relativa, solo unos cuantos géneros, tienen especies tolerantes a las condiciones de aridez (Palacios e Iglesias, 2007). Este sitio fue el que presento mayor porcentaje de humedad y porcentaje de materia orgánica, además de contar con una capa de hojarasca que ayuda a conservar la humedad y no hay compactación del suelo por actividad antrópica (es el sitio con mayor porcentaje de porosidad).

En el Bosque de *Quercus* el suelo es típicamente de reacción moderadamente acida y ligeramente acida (Aguilera, 1989) las condiciones de acidez en el suelo, inhiben las actividades de muchas bacterias comunes y algunas algas, pero la mayor parte de los hongos son capaces de desarrollarse sobre una escala de pH más amplia, en consecuencia la población microbiana en suelos forestales ácidos está dominada comúnmente por los hongos que crecen mejor a falta de competencia (Pritchett, 1986; Porta *et al.*, 1999); Además los Oribatida ayudan a aumentar las poblaciones de estos ya que dispersan las hifas a través de la superficie de su cuerpo y se alimentan, de ellas y de las esporas; Estas condiciones podrían explicar la presencia de Lordalycidae solo en BC ya que es una familia de la que aunque se conoce poco de sus hábitos alimenticios se ha observado que tienen materiales fúngicos en sus intestinos. (Krantz y Walter, 2009).

En BA solo se registraron 11 familias de ácaros Prostigmata, ocupa el tercer lugar en cuanto a abundancia del orden Prostigmata y el segundo lugar en cuanto a abundancia de ácaros, este sitio presento niveles de humedad, porosidad y materia orgánica más bajos que en BC, pero más altos que en UA y SE, además de tener

también una capa de hojarasca, lo que favorece que haya mayor cantidad de Oribatida.

Son escasos los trabajos en México acerca de ácaros edáficos en sistemas agrícolas, se ha puesto más atención a los ácaros que son plagas de los cultivos, Iglesias (2006) y Maldonado (2008) realizaron estudios en dos parcelas agrícolas, una regada con agua de pozo y la otra con aguas residuales, en el estado de Hidalgo, ambos encontraron que el orden Prostigmata fue el más abundante en las dos parcelas representando más del 70% del total de ácaros, la mayor abundancia fue en la parcela regada con aguas residuales. En este estudio el sitio UA ocupa el segundo lugar en cuanto a abundancia del orden Prostigmata, se encontraron mayor número de familias (17) y representan el 63% de los ácaros colectados. Este sitio tiene valores bajos de humedad y materia orgánica, comparados con BC y BA, además de ser el que presenta más compactación del suelo; El sitio SE también tiene niveles bajos de humedad, los niveles más bajos en cuanto a materia orgánica y fue donde se colectaron menos ácaros (el orden Prostigmata representan el 85% de estos, se identificaron 14 familias), estas condiciones edáficas que ha ocasionado el cambio de uso de suelo en estos dos sitios, propician que al no haber condiciones óptimas para otros organismos, como los Oribatida, sean los Prostigmata los que tienen una mayor presencia, ya que se ha visto que en suelos de zonas áridas y semiáridas con poca capacidad de retención de agua, donde la cantidad de materia orgánica es menor que en suelos forestales y hay bajas densidades de microartrópodos, el orden Prostigmata es el grupo dominante, ya que viven mejor que otros ácaros, debido a que su alimentación es muy variada, y a su tamaño pequeño que les permite moverse mejor a través de los poros del suelo (Santos y Whitford, 1981; Estrada, 2008; Sánchez, 2015).

Muchos Prostigmata son especies oportunistas, capaces de reproducirse rápidamente cuando las fuentes de alimento se vuelven abundantes, pueden formar grandes poblaciones en suelos alterados, (Huang y Sumner, 2012) además Kethley (1990) menciona que los Prostigmata fitófagos, parecen ser el equivalente ecológico de los Oribatida en suelos donde hay una disminución en la dominancia de estos (pastizales relacionados con bosques) o poca representación (desiertos y áreas del

ártico y la antártica), esto se ve reflejado en el sitio suelo erosionado, donde los microfitófagos Nanorchestidae representan el 48% de los ácaros Prostigmata colectados en este sitio, estos ácaros, no se ven muy afectados por la compactación en el suelo, al ser muy pequeños, su tamaño les permite vivir entre los horizontes del suelo para buscar humedad y alimento, y pueden utilizar recursos poco accesibles para otros invertebrados; También observamos la presencia de Linotetranidae que es una familia de ácaros que ha sido descrita como un fitófago estricto (Krantz y Walter, 2009), y que no se encontró en los sitios BC y BA. En el sitio de UA, donde también los Prostigmata fueron el grupo de ácaros dominantes, los Nanorchestidae y los también microfitófagos Scutacaridae son abundantes representan el 21 y el 25% de total de ácaros Prostigmata, respectivamente, además de que Linotetranidae también está presente.

Se observa que en los sitios BA, UA y SE, hay una disminución en la porosidad con respecto al BC, lo que también influye en la disminución de ácaros a través de los sitios ya que existe una relación entre el tamaño y cantidad de poros con el tamaño del cuerpo y movilidad de los ácaros (Sánchez, 2014).

La erosión del suelo reduce la humedad disponible acentuando las condiciones de aridez (Morgan, 1997), aun cuando el sitio SE presenta potencial para llevar a cabo ciertos procesos como la retención y filtración del agua, no le es posible aprovecharlo totalmente debido a que los poros se han sellado formando una costra, lo que hace que el agua en vez de ser filtrada a través de los poros, escurra (González, 2013).

Una reducción en la difusión del aire y en la infiltración del agua, son comunes en las zonas compactadas, esto es más evidente en suelos arcillosos (Pritchett, 1986), como en el sitio SE, donde la acumulación de arcilla, impiden que las raíces de las plantas penetren en el suelo y dificulta la supervivencia de los ácaros edáficos, en BA el suelo presenta una textura de migajón arcilloso, en este caso, el alto contenido de materia orgánica, compensa el alto contenido de arcilla, evitando que se compacte demasiado y permitiendo una buena estructura, los sitios BC y UA presenta una textura de migajón que se considera tienen la cantidad de arcilla suficiente para retener agua y

nutrientes sin que haya dificultad de aireación, permitiendo el crecimiento de vegetación y la supervivencia de la fauna edáfica.

8.4. Hábitos alimenticios de los ácaros del orden Prostigmata colectados

A falta de datos precisos acerca del tipo de alimento de todas las familias de Prostigmata que viven en el suelo, Kethley (1990) sugiere patrones generales que siguen los grandes grupos taxonómicos (ver Anexo I). De las 22 familias del orden Prostigmata colectadas en el presente estudio, siete tienen hábitos exclusivamente microfitófagos o macrofitófagos (Linotretanidae, Lordalycidae, Nanorchestidae, Penthelodidae, Tenuipalpidae, Pygmephoridae y Scutacaridae), nueve familias presentan adultos exclusivamente depredadores (Adamystidae, Caligonellidae, Bdellidae, Camerobiidae, Cheyletidae, Trombidiidae, Rhagidiidae, Smarididae, y Teneriffidae) y seis familias tienen especies con más de un nivel trófico (Alycidae, Eupodidae, Tydeidae, Cunaxidae, Stigmaeidae y Erythraeidae).

Trombidiidae, Erythraeidae y Smarididae son familias que presentan parasitismo proteliano, donde las larvas son parásitas, y las ninfas y los adultos son de vida libre depredadores o de hábitos no depredadores; Scutacaridae y Pygmephoridae están asociados como comensales a diversos insectos.

La familia Tenuipalpidae es exclusivamente fitófaga principalmente de ramas y hojas (Krantz y Walter, 2009) se colectaron 183 en el BC, dos en el BA y 20 organismos en el UA, la presencia de esta familia en el suelo se puede deber a que durante la colecta cayeron al suelo al mover las ramas y hojas o también a que en su intento por buscar otra planta huésped se dispersaron por el viento y cayeron al suelo (Sánchez, 2014).

8.5. Condiciones climáticas

Razo *et al.*, (2014) realizaron un estudio acerca de la variación temporal en la comunidad de microartrópodos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en la Ciudad de México, encontrando que, durante la época de lluvias los Oribatidos son más abundantes mientras que en la época de secas los Prostigmata y los Mesostigmata son más abundantes.

En el presente estudio fue en la época de secas (en los muestreos de febrero y mayo), que se registró el mayor abundancia del orden Prostigmata en los sitios BC, BA y SE, ya que en la época de secas, se acumula la hojarasca sobre el suelo y esto permite la presencia de los ácaros en este estrato, sobre todo los depredadores, con un proceso de descomposición lento, al caer las lluvias, la descomposición de las hojas va acompañada por hongos y otros descomponedores que agilizan el proceso y establecen condiciones micro ambientales diferentes para los ácaros y otros invertebrados (Vázquez y López, 2012b), lo que conduce a que el orden Prostigmata sea más abundantes en periodos de secas, debido también a la cantidad de humedad que disminuye (Cuadro 6) es probable que los Oribatida y otros organismos bajen sus densidades poblacionales.

En el sitio UA la mayor abundancia fue en los muestreos de agosto y noviembre, esto puede estar relacionado con el cambio en la cobertura vegetal, ya que en este periodo se lleva a cabo el cultivo de maíz en la parcela y es la época de lluvias, esto podría explicar que se hayan colectado la mayor cantidad de ácaros de la familia Linotetranidae, en el muestreo correspondiente a noviembre (Cuadro 4) ya que aunque no se sabe mucho de sus preferencias alimentarias, se ha descrito como un fitófago estricto, asociado con raíces y coronas de gramíneas (Krantz y Walter, 2009), que son abundantes en este sitio (pastos y maíz).

8.6 Consideraciones finales

De acuerdo al programa de ordenamiento Ecológico Local del Ayuntamiento Constitucional de Jilotepec 2009 se considera que la principal problemática ambiental del municipio consiste en: cambios de uso de suelo, incendios forestales, deforestación y la falta de vigilancia de bosques. Mantener los suelos sanos, fértiles y sustentables requiere de un trabajo importante y la biota del suelo es indispensable en estos procesos, de ahí la importancia de generar nuevos conocimientos (Estrada, 2012).

Recomendación:

Debido a la gran diversidad dentro del grupo de los Prostigmata y al poco conocimiento que hay acerca de ellos, en estudios posteriores es importante identificar a nivel de género y de especie los organismos colectados con el fin de conocer la diversidad en la zona, así como también realizar estudios acerca de otros ordenes de ácaros y otros micro artrópodos que habitan en el suelo y en la hojarasca para observar algunas interacciones ecológicas entre ellos y como se ven afectadas por el cambio de uso de suelo, de igual forma es necesario realizar colectas con mayor frecuencia y un mayor número de muestras para poder observar las variaciones que se dan en las poblaciones de ácaros conforme a las condiciones climáticas a través de las estaciones del año, así como para poder establecer la interacción entre las propiedades edáficas y la fauna del suelo en los diferentes sitios de muestreo, además de realizar análisis estadísticos para ver si estas variaciones son significativas, en esta zona de Jilotepec, Estado de México.

9. CONCLUSIONES

- Se identificaron 22 familias que pertenecen a 11 superfamilias, del orden Prostigmata.
- Se tienen siete familias que son nuevos registros para el estado de México: Alycidae, Lordalycidae, Caligonellidae, Camerobiidae, Linotetranidae, Smarididae y Teneriffiidae.
- Las familias más abundantes y presentes en los cuatro sitios fueron Eupodidae, Tydeidae, Nanorchestidae y Scutacaridae.
- De las 22 familias de Prostigmata identificadas, siete tienen hábitos micro o macro fitófagos, nueve son depredadores y seis presentan más de un nivel trófico.
- El sitio que presentó mayor abundancia de ácaros de cuatro ordenes (Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata y Astigmata) fue el BC, seguido por el BA y el UA; El SE fue en donde se colectaron el menor número de ácaros y solo se colectaron 3 ordenes (Oribatida, Prostigmata y Mesostigmata).
- Se colectaron un total de 13,759 ácaros, de los cuales el 48% fueron pertenecientes al orden Oribatida, 36% a Prostigmata, 14% a Mesostigmata, y 2% a Astigmata.
- Se colectaron 4,877 organismos del orden Prostigmata, la mayor abundancia se presentó en el sitio BC (2,143), seguido del UA (1,180), BA (981) y finalmente el UE (570).
- En los sitios de bosque conservado y bosque alterado el orden más abundante fue Oribatida y en los sitios uso agrícola y suelo erosionado, predominaron los Prostigmata.
- Características como alimentación variada y tamaño pequeño de muchos Prostigmata les permiten vivir en ambientes con poca humedad, bajos niveles de materia orgánica y suelo compacto.

- En los sitios BA, UA y SE, hay una disminución del contenido de humedad, porcentaje de porosidad y de materia orgánica con respecto a BC, ocasionados por la erosión que provoca el cambio de uso de suelo.
- El pH en la zona de estudio es de moderado a ligeramente ácido, y el color es de pardo a pardo amarillento, lo que concuerda con la literatura revisada.
- La textura en BC y UA es de migajón, existe migración de partículas a través de la ladera, lo que provoca acumulación de arcillas en BA y SE, por lo que tienen una textura de migajón arcilloso y de arcilla respectivamente.
- La erosión que causa el cambio de uso de suelo, en esta zona del municipio de Jilotepec en el Estado de México, afecta de manera importante las propiedades fisicoquímicas del suelo así como las poblaciones de fauna edáfica, en este caso los ácaros Prostigmata.

10. LITERATURA CITADA

- Aguilera** H. N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo 1. Facultad de Ciencias, UNAM. pp: 1-6, 41-69, 94-96.
- Baver** L. D., Gardner W. H. y Gardner W. R. 1991. Física de suelos. Unión tipográfica. Editorial Hispano-Americana. Cuarta edición. pp: 43-51, 196-198, 299-301.
- Bernal** R. A. 2006. Artropodofauna edáfica de una finca cafetalera al sur del estado de Oaxaca con énfasis en C ryptostigmata y Collembola. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 72 p.
- Chaires** G. M. P. 2012. Gamasidos (Acari: Mesostigmata). En: Estrada V., Chaires G., Acuña S. y Equihua M. (Eds). Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados. Mexico. pp: 110 – 126.
- Dindal** D. 1990. Soil biology guide. Wiley Intersciencias . New York. pp: 1-14.
- Delfinado** M. D. and Khaing-fields. 1976. Terrestrial Mites of New York (Acarina). IV. Cheyletidae and Cheyletiellidae. New York Entomological Society. Vol. LXXXIV, pp: 189-196.
- Estrada** V. E. G. y Sánchez I. 1986. Ácaros del suelo de dos zonas del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis Profesional. UNAM. México. 146p.
- Estrada** V. E. G., Sánchez I. y Bassols I. 1988. Ácaros del suelo de dos zonas del Valle de Tehuacán, Puebla, México. Folia Entomológica Mexicana 76, pp: 225-236.
- Estrada** V. E. G. 2007. Mites Associated to garlic crop in Guanajuato, Mexico. En: Morales Malacara J. B., Behan-Pelletier V., Ueckermann E., Pérez T. M., Estrada-Venegas E. G., and Badii M. (Eds). Acarology XI: Proceedings of the International Congress. UNAM. pp: 495-503
- Estrada** V. E. G. y Moldenke A. R. 2008. Importancia del suelo como ecosistema. En: Estrada V. E. G. Fauna del suelo I; micro, meso y macrofauna. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. pp: 1-8.
- Estrada** V. E. 2012. Ácaros en suelos cultivados. En: Estrada Venegas E., Chaires G., Acuña Soto J. A., Equihua Martínez A. (Eds). Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados, Edo. De Mex., México. pp: 195-203.

- García S. J.** 2009. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Ayuntamiento Constitucional de Jilotepec 2009-2012. Gobierno del estado de México. Ayuntamiento constitucional de Jilotepec pp: 1-2
- Gobierno del Estado de México.** 2007. Modificación del plan municipal de desarrollo urbano de Jilotepec. Secretaría de Desarrollo Urbano. pp: 21-28.
- Gobierno del Estado de México.** 2011. Listado de beneficiarios aprobados por comité técnico del FIPASAHM de conformidad con la convocatoria y reglas de operación 2011. Gaceta del Gobierno del Estado de México. No. 56. p. 11. Disponible:
<http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2011/sep223.PDF> consultado en 2016.
- Gobierno del Estado de México.** 2013. Diagnóstico y estadística municipal. Plan de desarrollo municipal 2013-2015. Jilotepec, Secretaría de Desarrollo Urbano. Estado de México. pp: 21-28.
- González I. R.** 2013. Evaluación de la calidad de suelo para diferentes usos y cubiertas vegetales en la ladera Este de Cerro Grande, comunidad Dexcaní Alto, municipio de Jilotepec. Tesis de Licenciatura. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Universidad Autónoma del Estado de México. pp: 40-54
- Guzmán C. C., García P. L., Rivas G., Mendoza G. B., Osorio S. D., Montiel P. G.** 2012. Manual de prácticas de metazoarios parásitos de vertebrados. Facultad de Ciencias UNAM, México. p: 119.
- Hoffmann A., López G.** 2000. Biodiversidad de los ácaros en México. Laboratorio de Acarología Facultad de Ciencias UNAM, CONABIO, México. pp. 9, 53-106.
- Hoy M.** 2011. Agricultural Acarology. Introduction to integrated Mite Management. University of Florida. USA. pp: 125, 153.
- Iglesias M. R.** 2006. Ácaros Oribatidos edáficos de dos agroecosistemas con riego contrastante en San Salvador Hidalgo. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias UNAM. 108 p.
- Huang P. and Sumner M.** 2012. Handbook of soil sciences properties and processes. Second edition. Taylor and Fancis Group. USA. pp: 25.14-25.17.

- INEGI.** 2015. Mapa digital de México. Versión 6.1. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>
- INEGI.** 2010. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>
- IUSS Working Group WRB.** 2015. World Reference Base for soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Third edition. World Soil Resources Report No. 106. FAO, Rome pp: 3-4.
- Kethley J.,** 1990. Acarina: Prostigmata (Actinedida).. In: Dindal D. L. Soil biology guide. Wiley Intersciencias Publication. New York. pp: 667-756
- Kirkby M. y Morgan R. P. C.** 1994. Erosion de suelos. Ed. Limusa. Mexico. pp: 15-24.
- Krantz G. W. and Walter D.** 2009. A manual of Acarology. Texas Tech University Press. Texas. pp: 233-429.
- Lavelle P. y Spain A.** 2005. Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp: 271-279.
- Lindquist E. E., Krantz G. W. and Walter D. E.** 2009. Classification. In: Krantz G. W. and D. Walter. 2009. A manual of Acarology. Texas Tech University Press. Texas. pp: 97-99.
- Maldonado V. C.** 2008. Comparación de las comunidades de ácaros Astigmata en dos agroecosistemas de San Salvador Hidalgo. Tesis de Maestría Facultad de Ciencias. UNAM. 174 p.
- Marín C. B.** 2006. La acarofauna edáfica (Acari: Oribatei) de un agroecosistema cafetalero en la Sierra Sur de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 61 p.
- Mc. Daniel B., Morihara D. and Lewis J. K.** 1975. The family Teneriffidae Thor with a new species from México. Annals of the entomological Society of America. Vol 69 no. 3, pp: 527-537
- Mejia R. B. E.** 1986. Sistemática, distribución geográfica y aspectos ecológicos de los Bdellidae (Acarida: Prostigmata) mexicanos. Tesis Profesional. UNAM. México. 119 p.

- Mejía R. B. E. y Castaño M. G.** 2007. Estructura de la comunidad de cunáxidos (Acarina) edáficos de una selva baja caducifolia en Chamela, México. *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4) pp: 911-930.
- Mejía R. B. E.** 2007. Cunaxidos edáficos de Chamela, Jalisco. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias. UNAM. 226p.
- Moran J. A. y Galleti H. A.** 2002. Deforestación en México, causas económicas, incidencia de comercio internacional. CEMDA. México. pp: 43-45.
- Morgan R. P. C.** 1997. Erosión y conservación del suelo. Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 21-22.
- Moreno M. J. A.** 1985. Análisis de la variación estacional de los ácaros del suelo en la comunidad de bosque de *Pinus hartwegii* Lindl., del volcán Popocatepetl en el Estado de México. Tesis Profesional. ENCB. IPN. México, D.F. 149 p.
- Moreno M. J. A.** 1996. Soil mites from the high altitude pine forest in central Mexico, In: Mitchell R., Horn D. J., Needham G. R., Welbourn W. C. (Eds.). *Acarology IX Proceedings*, Ohio Biological Survey. pp: 579-584.
- Munsell.** 1990. Soil Color Charts. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, North Calvert Street Baltimore, Maryland.
- Oliver P. A, and Theron P. D.** 1997. The genus *Benoinyssus* fain (Acari: Eupodidae) from Southern Africa, with descriptions of five new species. *African Entomology*. 5 (2), pp: 301-318.
- Palacios V. J. G.** 1985. Microartrópodos del Popocatepetl (Aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. 132 p.
- Palacios V. J. G. e Iglesias R.** 2004. Oribatei (Acari). En: Llorente B. J., Morrone J. J., Yañez O. O. y Vargas F. I. (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen IV*. UNAM y CONABIO. México. pp: 431-468.
- Palacios V. e Iglesias R.** 2007. Ácaros Oribatidos. En: Luna I., Morrone J. y Espinosa D. *Biodiversidad de la faja Volcánica Transmexicana*. UNAM. pp: 345-356.

- Palacios V. J. G. y Mejía R. B. E.** 2007. Técnicas de colecta montaje y preservación de microartrópodos edáficos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 74 p.
- Pérez, T. M. Guzmán C.C., Montiel P. G., Paredes L. R. y Rivas G.** 2013. Biodiversidad de Ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 84, pp: 399-407.
- Pineda N., Bosques S., Gómez M. y Plata W.** 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geograficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 69, pp: 33-52.
- Porta J., López M. y Roquero C.** 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi Prensa. España. pp: 46-53, 119-135, 237, 403-427, 602.
- Pritchett W. L.** 1986. Suelos Forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa. México. pp: 21-25, 105-168.
- Qin T. K.** 1994. Revision of the Australian Penthalodidae (Acarina). *Invertebr. Taxon.* 8, pp: 1305- 1323.
- Razo G. M., Castaño M. G., Callejas Ch., Pérez V. y Palacios V. J. G.** 2014. Temporal variations of soil arthropods community structure in El Pedregal de San Ángel Ecological Reserve, México City, México. *Applied Soil Ecology*. 83, pp: 88-94.
- Rivas D. B. I.** 1985. Contribución al estudio de los Rhagidiidae (Acarida: Prostigmata) de México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.
- Rzedowski J.** 1978. Vegetación de México. Limusa, México. pp: 263-282.
- Sabori A. and Kamali K.** 2000. Description of *Allothrombium triticiun* adult (Acari: Trombidiidae) from Iran *Systematic and Applied Acarology*. 5, pp: 207-208.
- Sánchez R. I.** 1996. Ácaros prostigmata del suelo árido del estado de Querétaro. En: Cuarta Muestra Nacional de Colecciones de Insectos y Ácaros. Acta de Chapultepec. Serie Especial. 2, pp: 2-5.
- Sánchez R. I.** 2008. Estudio de los ácaros Prostigmata del suelo de México. En: Estrada V. E. G. (Ed). Fauna del suelo I, micro, meso, y macrofauna. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México. pp: 51-66.

- Sánchez R. I.** 2014. Algunos aspectos ecológicos de los ácaros del suelo de la cuenca del río Estórax, Querétaro. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. p: 6
- Sánchez Ch. D. I.** 2015. Estructura de la comunidad de ácaros del suelo en cinco microambientes de una terraza degradada del valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, en diferentes épocas del año. Tesis de maestría. FES Iztacala. UNAM. pp: 33
- Santos, P.F. and W. G. Whitford.** 1981. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahua desert ecosystem. *Ecology* 62, pp: 654-663
- Secretaría de Programación y Presupuesto.** 1981. Síntesis Geográfica de México. Coordinación General de los servicios nacionales de estadística, geografía e informática. México. pp: 10, 23, 41-48, 168.
- SEMARNAT.** 2016. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México. Disponible en <http://apps1.semarnat.gob.mx/>
- Smiley R. I.** 1968. A new genus and three new species of Erythraeoidea (Acarina: Erythraeidae and S marididae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. Vol. 70, no. 1, pp: 13-21.
- Strandtmann R. W. and Goff M. L.** 1978. The eupodoidea of Hawaii (acarina: Prostigmata). *Pacific Inseccts*. Vol.19 no. 3-4, pp: 121-143.
- Summers F. M. y Schilinger.** 1955. Mites of the family Caligonellidae (acarina). *Hilgardia* no. 12. Vol. 23, pp: 539-561.
- Theron P. D. and Ryke P. A.** 1969. The famiy Nanorchestidae Grandjean (Acari: Prostigmata) with descriptions of new species from South African soils. *Entomological Society South African*. Vol. 32, No. 1, pp: 31-60.
- Theron P. D. and Ryke P. A.** 1975. Five new species of the family Lordalychidae (Acari: Endeostigmata) from South Africa. *Acarologia XVII fasciculo 4*, pp: 631-651.
- Thompson L. and Troeh F.** 1982. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverte, S.A. España. pp: 53-90, 221-227.
- Toit B. J., Theron P. D. and Ueckermann.** 1998. A new genus and four new species of the family Camerobiidae (Acari: Raphignathoidea) from South Africa. *Internat. Acarol.* Vol. 24, pp: 3-29.

- Uéckermann** E. A. 1989. A revisión of the family Adamystidae cunliffe (Acari: Prostigmata). *Phytophylactica*, 21, pp: 227-240.
- Uusitalo** M. 2010. Revision of the family Alycidae (Acariformes: Acari), with special reference to European species. Departament of Biological and E nviromental Sciencies University of Helsinki. pp: 7-23
- van Reeuwijk** L. P. (Eds). 2002. Procedures for soil analysis. Sixth edition. International Soil Reference and I nformation Center and Food and A griculture. Organization of the United Nations. pp: 2.1-5.2.
- Vázquez** R. I. M. 2002. Prostigmata (Acarida) edáficos en una zona litoral del golfo de México, Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias UNAM. 96 p.
- Vázquez** R. I. M. y López C. M. G., 1996. Prostigmatid mites (Prostigmata) from a littoral zone in Veracruz, Mexico. En: Mitchell R., Horn D., Needham G., Welbourn W. C. (Eds). *Acarology IX Proceedihgs*, Ohio Biological Survey. pp: 575-579
- Vázquez**, R. I. M. y López C. M G. 2008. Ácaros Prostigmata (Acarida: Acariformes: Prostigmata) de tres tipos de suelo en una finca cafetalera en Huatulco, Oaxaca. En: Estrada V. E. A., Equihua M. A., Padilla J. R. y M endoza A . (Eds). *Entomología Mexicana* vol. 7. Sociedad Mexicana de Entomología. pp: 66-71.
- Vázquez**, I.M. y López C. M G. 2009. Ácaros en suelos de un bosque mixto en Santa Juana, Michoacán (Acarida: Mesostigmata, Prostigmata, Cryptostigmata). En: Estrada Venegas E.A., Equihua – Martínez, M. P. Chaires-Grijalva, J.R., Padilla Ramírez y A. Mendoza (Eds.) *Entomología Mexicana* vol.8. Colegio de Postrgraduados. pp: 41-46.
- Vázquez**, I.M. y López C. M G. 2011. Estudio de la diversidad de acaros (Acarida: Sarcoptiformes: Endeostigmata; Trombidiformes: Sphaerolichida) de s uelos ciltivados con café en Huatulco, Oaxaca. En: Cruz Miranda S., Tello Flores J., Mendoza Estrada A., Morales Moreno A. (Eds.) *Entomología Mexicana* vol.10. Colegio de Postrgraduados. pp: 73-78.
- Vázquez** R. I. M. y López C. M. G. 2012a. Generalidades de los ácaros. En: Estrada Venegas E. G., Chaires Grijalva P., Acuña Soto J. A., Equihua Martínez A. (Eds).

- Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados, Edo. De Mex., México. pp: 12-25.
- Vázquez R. I. M. y López C. M. G.** 2012b. Bioecología de las principales familias en el suelo. En: Estrada V. E. G., Chaires G. P., Acuña S. J. A., Equihua M. A. Editores. Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados, Edo. De Mex., México. pp: 104-126.
- Vázquez R. I. M. y López C. M. G.** 2012c. Importancia de los ácaros en el suelo. En: Estrada V. E., Chaires G., Acuña S. J., Equihua M. A (Eds). Ácaros de importancia en el suelo. Colegio de Postgraduados, Edo. De Mex., México. pp: 98-103.
- Velázquez P. D., Callejas Ch. A.** 2009. Diversidad en la comunidad de ácaros en dos sitios de la reserva ecológica del pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. En: Estrada V. E. G., Equihua M. A., Chaires G. P., Padilla R. J. y Mendoza A. (Eds). Entomología Mexicana vol.8. Colegio de Postgraduados, México. pp: 16-20.
- Walter D. E. and Kaplan D.** 1991. Observations on *coleoscirus simplex* (Acarina: Prostigmata), a predatory mite that colonizes greenhouse cultures of root knot nematode (*Meloidogyne* spp.), and review of feeding behavior in the Cunaxidae. Experimental and applied Acarology. 12 pp: 47-59.
- Webster R. and Oliver M. A.** 2001. Geostatistic for Environmental Scientist. John Wiley and sons, LTD. England. pp: 32-35.
- Wilhelm K.** 1976. Soil biology: with special reference to the animal kingdom. Second edition. London. pp: 141-159.
- Zhang Zhi-Quiang.** 1995. A new species of *Smaris* (acai: Smarididae) associated with the Israeli pine bast scale, *Matsucoccus Josephi* (Homoptera: Margarodidae) in Cyprus. Israel Journal of zoology Vol. 4, pp: 67-74
- Zhang Zhi-Quiang.** 1999. Biology and ecology of trombidiid mites (Acari: Trombidioidea). En: Bruin J, Vander Geest L. P. S. and Sabelis M. W. (Eds.). Ecology and Evolution of the Acari. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp: 277-289.

11. ANEXOS

Anexo I. Cuadro de hábitos alimenticios.

Hábitos alimenticios de las familias de ácaros Prostigmata colectados en Jilotepec, Estado de México. Modificado de Kethley (1990).

Familia	Microfitófagos	Macrofitófagos	Depredadores	Comensales	Parásitos (larvas)
Adamystidae			+		
Alycidae	+		+		
Bdellidae			+		
Caligonellidae			+		
Camerobiidae			+		
Cheyletidae			+		
Cunaxidae	+		+		
Erythraeidae		+	+		+
Eupodidae	+		+		
Linotetranae		+			
Lordalycidae	+				
Nanorchestidae	+				
Penthalodidae	+	+			
Pygmephoridae	+			+	
Rhagidiidae			+		
Scutacaridae	+			+	
Smarididae			+		+
Stigmaeidae	+	+	+		
Teneriffiidae			+		
Tenuipalpidae		+			
Trombidiidae			+		+
Tydeidae	+	+	+		

Anexo II. Diagnósis de las familias de ácaros Prostigmata colectadas en Jilotepec, Estado de México.

La determinación se realizó de acuerdo a las claves de Krantz y Walter (2009) y Kethley (1990). Las características, el hábitat y la distribución geográfica fueron cotejados con los trabajos de Krantz y Walter (2009) y Hoffmann y López (2000), así como literatura especializada de cada familia. Las familias marcadas con un asterisco son registros nuevos para el estado de México.

Familia Adamystidae

Son depredadores que se encuentran en suelo, rocas y hojarasca. Son ácaros rojizos con una placa esclerosada cubriendo parte o la mayoría del dorso, también pueden tener placa ventral. Miden de 578 a 390 μm (Uéckermann, 1989). Con 2 géneros y 5 especies.

Registros en México: Campeche, Distrito Federal, Veracruz, Chiapas, Guanajuato, Quintana Roo, Yucatán, Estado de México, Querétaro, Michoacán y Morelos.

Familia Alycidae* (=Bimichaelidae, =Pachygnathidae)

Algunas especies son depredadoras de nematodos y se cree que otras pueden succionar jugos de las raíces de plantas. Miden de 200 a 2000 μm (Uusitalo, 2010). Se encuentran en suelo, hojarasca y musgos. Se distribuye por casi todo el mundo; con 7 géneros y 34 especies.

Registros en México: Veracruz, Quintana Roo, Querétaro, Guerrero y Puebla.

Familia Bdellidae

Ácaros depredadores activos sus presas son pequeños artrópodos y sus huevos o juveniles, en suelo y hojarasca. Algunos alcanzan tamaños grandes ($>3000 \mu\text{m}$), pero la mayoría miden entre 500 y 2,400 μm . La mayoría de ellos están poco esclerosados y presentan colores como el rojo, verde, púrpura o amarillo. Tienden a ser activos y con

movimientos rápidos. Tienen distribución mundial y se pueden encontrar en una variedad de hábitats, desde suelos secos del desierto hasta húmedos de bosques; también en zonas de mareas, subacuáticos, tanto en el mar como en agua dulce. Algunos han resultado efectivos en el control de poblaciones de artrópodos con importancia económica. Incluyen 16 géneros, 5 subfamilias y aproximadamente 135 especies.

Registros en México: Colima, Distrito Federal, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Baja California Sur, Chiapas, Guanajuato, Querétaro y Jalisco.

Familia Caligonellidae*

Son ácaros que miden de 300 a 390 μm (Summers y Schilinger, 1955), de cuerpo suave, de color anaranjado o rojo, en su mayoría están asociados con suelos secos, también pueden ser encontrados en nidos de aves, cortezas de árboles, sobre plantas, árboles pequeños, en hojarasca, pasto, granos almacenados, entre otros medios. Son depredadores y se encuentran en casi todo el mundo. Con 5 géneros y 16 especies.

Registros en México: Veracruz, Querétaro y Puebla.

Familia Camerobiidae*

Ácaros con patas largas; son encontrados en suelo, hojarasca, follaje de plantas, corteza de árboles, granos almacenados y otros medios. Son depredadores cuyo tamaño va de 250 a 410 μm (Toit et al., 1998). Se hallan en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. Tiene aproximadamente 7 géneros y más de 130 especies.

Registros en México: Morelos, Querétaro y Veracruz.

Familia Cheyletidae

Viven en el suelo, hojarasca, corteza de árboles, detritos, granos almacenados, follaje, nidos de vertebrados, polvo de casas y otros medios. Son depredadores de microartrópodos del suelo y de parásitos y comensales de reptiles, aves y mamíferos, a los que a veces causan dermatitis. También se ha visto que algunas especies pueden alimentarse de hongos (Walter y Kaplan, 1991). Su tamaño tiene un rango de 287 a 447 μm (Delfinado y Khaing, 1976). Son foréticos de insectos, aves y mamíferos. Tienen distribución casi mundial. Incluye aproximadamente 74 géneros y más de 370 especies descritas.

Registros en México: Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Sonora, Tamaulipas, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Campeche, Michoacán, Nayarit, Querétaro y Jalisco.

Familia Cunaxidae

Son depredadores, en su mayoría débilmente esclerosados, se alimentan de microartrópodos en el suelo, hojarasca, musgo, paja y productos almacenados. Tienen tamaños que varían desde los 400 a los 1000 μm . Pueden ser blancos o translúcidos pero la mayoría son rojos, naranjas o amarillos. Con 4 subfamilias, 14 géneros y más de 55 especies.

Registros en México: Colima, Nuevo León, Michoacán, Morelos, Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Oaxaca, Durango, Chiapas, Estado de México, Distrito Federal, Nayarit, Jalisco, Hidalgo, Quintana Roo, Querétaro y Tabasco.

Familia Erythraeidae

Es una familia diversa de ácaros, en general son rojizos y se encuentran en un amplio rango de ambientes edáficos en todo el mundo. Son relativamente grandes pueden medir de 1600 a 1980 μm (Smiley, 1968). Las larvas son típicamente parásitas de otros artrópodos, aunque algunas especies pueden ser parásitas de vertebrados y otras pueden ser de vida libre. Las ninfas y los adultos son activos depredadores en

suelo, hojarasca y sobre plantas, solo pocos son fitófagos y polinívoros, ocasionalmente atacan al hombre. Con 5 subfamilias, 34 géneros y más de 300 especies.

Registros en México: Puebla, Morelos, Veracruz, Distrito Federal, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México, Guerrero, Querétaro, Yucatán y Chiapas.

Familia Eupodidae

Estos ácaros son comúnmente encontrados en suelo, hojarasca, musgos, materia orgánica en descomposición, líquenes, bajo corteza de árboles y en cuevas. En general miden desde 200 hasta 400 μm (Oliver y Theron, 1997) (Strandmann y Goff, 1978). Comprende al menos 10 géneros y más de 80 especies.

Registros en México: Puebla, Distrito Federal, Nayarit, Morelos, Veracruz, Querétaro, Quintana Roo, Chiapas, Hidalgo y Estado de México.

Familia Linotetranidae*

Los ácaros de esta familia tienen forma delgada, son reticulados e incoloros, no tienen ojos y miden entre 300 a 400 μm . Han sido encontrados en musgos, suelo y restos vegetales. Son fitófagos. En regiones semiáridas. Un género y 5 especies.

Registros en México: Puebla, Querétaro.

Familia Lordalycidae * (=Lordalichidae)

Son ácaros peculiares, con cuerpos globulares y cutículas fuertemente esclerosadas, comunes al nivel mundial. Se conoce poco de su biología pero en algunas especies se ha observado que tienen materiales fúngicos en sus entrañas. Su tamaño varía de 200 a 450 μm (Theron y Ryke, 1975). Viven en musgos, líquenes y hojarasca. Distribución casi mundial. Con 2 géneros y 7 especies.

Registros en México: Puebla

Familia Thrombidiidae

Las deutoninfas y los adultos son grandes y densamente sedosos, frecuentemente de color rojo brillante, son conocidos como ácaros de terciopelo. Las ninfas y los adultos se encuentran en el suelo, arena, estratos profundos del suelo, hojarasca, musgos, sobre y bajo corteza de árboles o rocas de zonas desérticas. Los adultos son de talla grande de aproximadamente 4650 μm (Sabori y Kamali, 2000), depredadores de otros artrópodos; las larvas son parasitas de muchos insectos como ortópteros, coleópteros, lepidópteros, dípteros, himenópteros; muchos arácnidos como opiliones, solífugos, alacranes y otros. Es una familia que comprende cerca de 20 géneros, agrupados en 3 subfamilias.

Registros en México: Veracruz, Guerrero, Guanajuato, Distrito Federal, Morelos, San Luis Potosí, Yucatán, Chiapas, Hidalgo, Estado de México, Nayarit y Nuevo León.

Familia Nanorchestidae

Viven en suelo, hojarasca, musgos y zona de m areas; fitófagos, micófagos. Distribución casi mundial, con un tamaño muy pequeño de 130 a 350 μm (Theron y Ryke, 1969). Con 3 géneros y 30 especies.

Registros en México: Veracruz, Estado de México, Querétaro, Puebla, Distrito Federal y Nayarit.

Familia Penthlodidae

Son encontrados en musgos, líquenes, algas y restos vegetales; probablemente fitófagos y liquenofagos, generalmente están fuertemente esclerosados y ornamentados, con patrones reticulados y punteados. Su talla varía de 310 a 630 μm (Qin, 1994). Distribución mundial. Con 2 géneros y unas 30 especies.

Registros en México: Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Veracruz, Puebla, Colima, Jalisco, Michoacán, Querétaro y Nuevo León.

Familia Pygmephoridae

Se encuentran en suelo, hojarasca, sustratos orgánicos, en nidos de aves y mamíferos y en asociación con insectos sociales, tiene cerca de 350 especies y 30 géneros descritos, las hembras adultas de varios géneros usan insectos o mamíferos para dispersarse foreticamente. Son fungívoros su talla varía de 110 a 520 μm (Hoy, 2011).

Registros en México: Chiapas, Veracruz, Puebla, Querétaro, Morelos y Estado de México.

Familia Rhagidiidae

Tienen el cuerpo suave y son depredadores de movimientos rápidos, comparten muchos de los hábitats que ocupa la familia Eupodidae (suelo húmedo, materia orgánica en descomposición, musgos, bajo corteza, líquenes, cuevas). Esta familia tiene aproximadamente 21 géneros y más de 125 especies. Son blancos y opacos aunque algunos pueden ser amarillos, anaranjados o rojos. De tamaño regular entre 650 y 1000 μm (Strandtmann y Goff, 1978).

Registros en México: Morelos, Veracruz, Puebla, Estado de México, Guerrero, Colima, Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas, Chiapas, Distrito Federal, Querétaro, Michoacán y Nuevo León.

Familia Scutacaridae

Se encuentran, en el suelo, hojarasca, estiércol, composta, nidos de aves y mamíferos; asociados con muchos insectos de los cuales son foréticos. Distribución casi mundial. Con cerca de 750 especies y 30 géneros. Estos ácaros son generalmente anchos, con cuerpo en forma de tortuga, miden desde 120 a 370 μm , son fungívoros.

Registros en México: Puebla, Tlaxcala, Guerrero, Distrito Federal, Estado de México y Veracruz.

Familia Smarididae*

Ninfas y adultos son depredadores activos de pequeños artrópodos, habitan en hojarasca y bajo corteza de árboles. Larvas, por lo menos de una especie, son parásitas de psocidos, de las demás no se sabe. Con 9 géneros y 40 especies con tamaño de 860 a 1098 μm (Zhang, 1995).

Registros en México: Morelos, San Luis Potosí, Guerrero, Distrito Federal, Chiapas, Hidalgo, Michoacán y Querétaro.

Familia Stigmaeidae

Viven en suelo, hojarasca, musgos y sobre plantas y árboles; depredadores de ácaros e insectos fitófagos, algunos son comedores de musgo. Se hallan en casi todo el mundo. Son cerca de 30 géneros y más de 300 especies cuya talla varía de 0.2 a 0.5 mm (200 a 500 μm) (Hoy, 2011).

Registros en México: Veracruz, Nayarit, Morelos, Chiapas, Guerrero, Morelos, Guanajuato, Querétaro, Puebla y Estado de México.

Familia Teneriffiidae*

Son ácaros rojos, amarillos o cafés, depredadores de microartrópodos con patas largas y de rápidos movimientos. Han sido colectados en suelo, arena y hojarasca, desde la zona de las mareas, hasta las altas montañas. Tienen predilección por hábitats desérticos. El intervalo de su talla es de 800 a 955 μm (Mc Daniel y Morihara, 1975). Con 2 géneros y 8 especies.

Registros en México: Nayarit, Puebla, Sonora, Guanajuato, Morelos, Distrito Federal, Querétaro, Guerrero e Hidalgo.

Familia Tenuipalpidae

Son ácaros un poco aplanados y de movimientos lentos, de color beige, rojo, verde o pálido. Fitófagos y plagas de pastos, plantas de ornato, árboles frutales, sobre

todo cítricos. Algunas especies se resguardan en las agallas de la planta, cuya formación es provocada por otros ácaros o insectos. Se encuentran principalmente en las regiones tropicales y subtropicales, pero también en las templadas del norte. El tamaño de estos ácaros es de 200 a 300 μm (Hoy, 2011). Se han descrito cerca de 30 géneros y 800 especies.

Registros en México: Sinaloa, San Luis Potosí, Baja California, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Chihuahua, Zacatecas, Oaxaca, Coahuila, Sonora, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Chiapas, Veracruz, Puebla, Guerrero, Querétaro, Tamaulipas y Morelos.

Familia Tydeidae

Es una familia cosmopolita de ácaros débil o fuertemente esclerotizados, pueden ser estriados o reticulados. Se han descrito 3 subfamilias, 30 géneros y 340 especies. Son depredadores, fitófagos y necrófagos; algunos foréticos, otros han causado dermatitis en el hombre. Viven en el suelo, restos vegetales, musgos, líquenes, paja, hongos, nidos de aves, sobre plantas, en productos almacenados, etc. Son notablemente resistentes a la desecación, lo cual contribuye a su abundancia en hábitats como los desiertos. Tienen una talla de aproximadamente 250 μm . (Hoy, 2011).

Registros en México: Puebla, Morelos, Chiapas, Colima y Jalisco, Estado de México, Veracruz, Distrito Federal, Sinaloa, Michoacán, Sonora, Tamaulipas y Querétaro.

Anexo III. Descripción de métodos

Montaje de los ácaros

1. Colocar los ejemplares en lactofenol durante 24 a 48 horas, con el fin de aclararlos; si se requiere acelerar el proceso, se puede calentar de 3 a 5 minutos.
2. Montar entre porta y cubreobjetos los ejemplares transparentados, utilizando líquido de Hoyer; se recomienda que cuando se coloque el cubreobjetos (con ayuda de pinzas de punta fina) éste se deslice lentamente. Con una aguja de disección, se ejerce una ligera presión sobre el cubreobjetos para que se extiendan las patas, los quelíceros y los pedipalpos.
3. Colocar las laminillas sobre una parrilla caliente para que las burbujas que se hayan formado durante el montaje se expulsan con el calor. (se secaron en una estufa a 40° C por 15 días).
4. Quitar el exceso de líquido de Hoyer alrededor del cubreobjetos y sellar los bordes con glyptal o con barniz transparente para uñas para su mejor conservación y colocar etiquetas.

Análisis físicos del suelo

1. Humedad del suelo por gravimetría

Esta determinación se debe de hacer lo más pronto posible después de haber colectado las muestras. Se pesan 25 g de suelo húmedo que son colocados en una charola seca y se colocan dentro de una estufa de secado a 105° C, durante 24 horas, se retiran las charolas de la estufa y se pesan, de acuerdo a los datos obtenidos se realizan los siguientes cálculos:

$$\% \text{ de Humedad} = 100 * ((\text{peso del suelo húmedo} - \text{peso del suelo seco}) / \text{peso del suelo seco}).$$

2. Color en seco y húmedo, con la carta de colores de Munsell.

Para evitar imprecisiones al describir el color se utiliza el código de colores internacional desarrollado por Munsell, la descripción se realiza por comparación directa utilizando la “Tabla de colores de Munsell” (Munsell, 1990), se observa una pequeña muestra de suelo bajo dos condiciones: seco y húmedo, utilizando luz natural directa y se miden sus tres propiedades principales: matiz, valor e intensidad.

3. Densidad aparente por el método de la probeta.

Es la medida en peso del suelo por unidad de volumen, se calcula al pesar una probeta vacía de 10 ml, después se le agrega suelo hasta llenarla, se pesa la probeta con el suelo, se resta el peso de la probeta y se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Densidad Aparente} = \text{peso del suelo (g)} / \text{Volumen (10 ml)}.$$

4. Densidad real por el método del picnómetro.

Es la densidad media de las partículas del suelo y puede medirse con ayuda del picnómetro (Thompson, 1982). Primero se pesa un picnómetro a peso constante, a continuación se introduce en él un peso conocido de suelo y se pesa, después se le agrega agua hasta llenarlo y se vuelve a pesar, finalmente se pesa el picnómetro lleno de agua, sin suelo. De esta manera puede determinarse la cantidad de agua

desplazada por el suelo y por tanto es posible calcular la densidad real (peso específico) mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad real} = \frac{\text{peso del suelo}}{\text{peso del suelo} + \text{peso del agua} - (\text{peso del agua y el suelo mezclados})}$$

5. Estimación de la porosidad con base en la relación entre las densidades real y aparente

Mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de porosidad} = 100 (1 - \text{Densidad Aparente} / \text{Densidad Real})$$

6. Textura por el método de Bouyoucos.

Mediante este método se puede calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla, por su velocidad de sedimentación en agua, con base en el principio de que las partículas mayores caen con mayor rapidez que las pequeñas (Thompson 1982). Primero se elimina la materia orgánica de las muestras, utilizando agua oxigenada al 8%, las muestras se dejan secar y se pesa 50g de suelo. Las muestras ya pesadas se disuelven en agua, se les agrega 5ml. de oxalato y 5ml. de meta silicato de sodio y se agitan 10 minutos en una batidora eléctrica, esta suspensión se coloca en una probeta de un litro de capacidad y se afora, se agita y se mide la densidad con un hidrómetro, se toma una segunda lectura a las dos horas y se hacen los siguientes cálculos:

$$\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas} = \text{primera lectura} \times (100 / \text{gramos de suelo})$$

$$\% \text{ de arena} = 100 - (\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas})$$

$$\% \text{ de arcilla} = \text{segunda lectura} \times 100 / \text{gramos de suelo}$$

$$\% \text{ de limo} = (\% \text{ de limos} + \text{arcillas}) - \% \text{ de arcilla}$$

Análisis químicos del suelo

1. pH medido por un potenciómetro, con agua destilada y con KCl

El potenciómetro mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos electrodos que se sumergen en una suspensión. Para medir el pH del suelo por este método, se pesan 10 g de suelo que se colocan en un frasco gerber de 100 ml., se le agregan 25 ml. de agua y se tapa el frasco, en otro frasco gerber de 100 ml. se colocan otros 10 g de suelo y 25 ml. de KCl, agitar por dos horas y leer el pH en el potenciómetro previamente calibrado.

2. Contenido de materia orgánica y contenido de Carbono por el método de Walkley y Black

Se colocan 0.5 g de suelo en un matraz al que se le agrega dicromato 5 ml de dicromato de potasio 1N. y 10ml de ácido sulfúrico, se agita y se deja reposar 30 minutos, se le agrega agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico e indicador bariosulfonato de difenilamina, finalmente se titula con sulfato ferroso y se aplican las siguientes formulas:

$$\% \text{ de M.O.} = ((5 - (\text{ml. de FeSO}_4 * N \text{ real})) / (\text{g de muestra})) * 0.69$$

$$\% \text{ de Carbono} = \% \text{ M.O.} / 1.724$$