



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

ÁCAROS ORIBÁTIDOS DE DOS AGROECOSISTEMAS CON
RIEGO CONTRASTANTE EN SAN SALVADOR, HGO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(SISTEMÁTICA)

P R E S E N T A

Biól. Ricardo Iglesias Mendoza

DIRECTOR: DR. JOSÉ GUADALUPE PALACIOS VARGAS.

MÉXICO, D.F.

MARZO 2006



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.

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 5 de diciembre del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática) del alumno **IGLESIAS MENDOZA RICARDO**, con número de cuenta **78050479** con la tesis titulada: "**Ácaros oribátidos edáficos de dos agroecosistemas con riego contrastante en San Salvador, Hgo.**", bajo la dirección del **Dr. José Guadalupe Palacios Vargas**.

Presidente:	Dr. Zenón Cano Santana
Vocal:	Dr. Joaquín Bueno Soria
Secretario:	Dr. José Guadalupe Palacios Vargas
Suplente:	Dra. Nora Elizabeth Galindo Miranda
Suplente:	Dra. Norma Eugenia García Calderón

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 23 de febrero del 2006.


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad que me ha dado para desarrollarme académicamente.

Agradezco también a la DGAPA través del proyecto IN-201598 quien financió el trabajo de campo para la obtención del material biológico y poder llevar a cabo la investigación de la tesis.

Al Posgrado de la Facultad de Ciencias de la UNAM por el apoyo que me brindó para la presentación de un trabajo en Kenia

A los miembros de mi comité tutorial: Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, Dr. Zenón Cano Santana y Dra. Norma Eugenia García Calderón por todo su apoyo recibido. Por su paciencia y confianza que tuvieron en mí.

A los revisores de la tesis y que forman parte de mi jurado Dra. Nora Elizabeth Galindo Miranda y Dr. Joaquín Bueno Soria gracias por sus valiosas sugerencias y atinados comentarios.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos de laboratorio, de manera muy especial al M. en C. Leopoldo Q. Cutz P. y M. en C. Daniel Estrada B., a la Biól. Carmen Maldonado V. y Biól. Arturo García G. por su constante apoyo desinteresado desde el inicio de la tesis hasta su conclusión. Gracias por sus valiosos comentarios, por su tiempo que me regalaron y por su amistad.

Gracias les doy, también, a la M. en C. Blanca Estela Mejía R. y al P. de B. Aldo Bernal R. por el apoyo que me brindaron para el desarrollo de mi trabajo de tesis y por su bonita amistad.

Al Sr. Ricardo Trejo y a la familia Escamilla por las facilidades otorgadas para la realización de la investigación en San Salvador, Hgo.

Asimismo, agradezco a todas aquellas personas que de manera indirecta contribuyeron en la realización de la tesis.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ricardo † y Ma. de Jesús †

A mi gran familia:

A mi compañera Lourdes

Karla

Enrique

Ricardo

A. Gabriel

Fernando

Gracias por los momentos más hermosos de mi vida que he pasado con ustedes

A mis hermanos con mucho cariño:

*“Eu”, Francisco, “Juve”, Juan, “Florita”, “Ade”, “Pechi”,
“Ime”*

Índice

	Página
Resumen.....	1
Abstract.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	5
I.1. Antecedentes.....	5
I.2. Ecología del suelo y los oribátidos	6
I.3. Biología de los ácaros oribátidos.....	8
I.4. Hábitos alimentarios de los oribátidos.....	10
I.5. La materia orgánica del suelo y su relación con los oribátidos	11
I.6. Los contaminantes del suelo y su relación con los oribátidos.....	11
I.6.1. <i>Toxicología en ácaros oribátidos</i>	11
I.6.2. <i>Los ácaros oribátidos como indicadores</i>	13
I.6.3. <i>Las aguas residuales y los metales pesados</i>	15
I.7. Estudios taxonómicos y ecológicos de Oribatida en México.....	15
I.8. Justificación	16
II.OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	18
III. ÁREA DE ESTUDIO.....	19
III.1. Datos meteorológicos.....	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
IV.1. Trabajo de campo y muestreo.....	23
IV.2. Trabajo de laboratorio.....	23
IV.3. Análisis estadístico.....	24
V. RESULTADOS.....	26
V.1. Estructura de la comunidad de ácaros.....	26
V.1.1. <i>Composición de los órdenes de ácaros</i>	26
V.1.2. <i>Composición de especies del Orden Oribatida</i>	28
V.2. Variación estacional de Oribatida.....	39
V.3. Variación estacional de inmaduros.....	44
V.4. Diversidad y Similitud.....	45
V.5. Factores fisicoquímicos y su relación con los oribátidos.....	49
V.6. Análisis de varianza.....	51
V.6.1. <i>Efecto de metales pesados en la diversidad y la abundancia</i> <i>de los oribátidos</i>	58
V.6.2. <i>Abundancia de cada especie v.s. metales pesados</i>	60
V.6.3. <i>Abundancia total v.s. metales pesados</i>	62
V.6.4. <i>Efecto del pH</i>	62
V.6.5. <i>Efecto de la materia orgánica</i>	65
V.6.6. <i>Abundancia v.s. cationes intercambiables</i>	66
V.6.7. <i>Porosidad</i>	67

<i>V.6.8. Conductividad eléctrica.....</i>	<i>67</i>
VI. DISCUSIÓN GENERAL.....	68
VI.1. Contribución taxonómica al conocimiento de Oribatida en México.....	68
VI.2. Abundancia y diversidad de Oribatida.....	69
VI.3. Distribución de Oribatida.....	71
VI.4. Variación temporal.....	73
VI.5. Abundancia de las especies vs. pH.....	75
VI.6 Abundancia relativa por familias de Oribatida.....	76
VI.7. Efecto de los metales en la abundancia.....	78
VI.8. Especies indicadoras de ambientes perturbados.....	83
VII. CONCLUSIONES.....	89
LITERATURA CITADA.....	92

I. INTRODUCCIÓN

1. 1. Antecedentes

El Municipio de San Salvador se encuentra comprendido dentro del Distrito de Riego 063, donde las aguas residuales, procedentes de la Ciudad de México, son utilizadas para riego agrícola desde 1912 (Cruz Campa, 1965). En los últimos años, el volumen de aguas residuales ha aumentado, regándose actualmente un promedio de 85,000 ha en el valle. Las aguas residuales se aplican en una parte de los terrenos sin un tratamiento más riguroso, por lo que resulta necesario conocer la dimensión en la que puedan ser incluidas sustancias nocivas a los suelos, que afecten su potencial productivo o sean absorbidas por los cultivos, desde donde pueden incorporarse a la cadena trófica. Entre los contaminantes introducidos a los suelos, a través del riego con agua residual cruda, están los metales pesados los cuales tienden a acumularse en los suelos a largo plazo y su remoción de los mismos es muy difícil (Siebe, 1994).

El uso de aguas residuales en la región semiárida del Valle del Mezquital constituye un recurso invaluable para la agricultura, debido a que provee cantidades considerables de nutrimentos (Siebe y Cifuentes, 1995). Sin embargo, el riego constante con dichas aguas y por periodos prolongados ha provocado la acumulación excesiva de ciertos metales y otros elementos en los suelos agrícolas de Mexico, llegando algunas veces, a niveles que pueden resultar tóxicos para los organismos que ahí viven (Siebe y Fisher, 1996). Las altas concentraciones de metales pesados vertidos en los suelos agrícolas, pueden influir de manera negativa en la riqueza específica y la reproducción

de los oribátidos, ejerciendo sus efectos ya sea, directamente a través de su toxicidad a los organismos del suelo o indirectamente por la alteración que producen sobre las interacciones de las especies y por los disturbios que provoca en la trama alimenticia (Parmelee *et al.*, 1993). Por lo anterior resulta importante conocer la magnitud del impacto de las aguas residuales en la comunidad de Oribatida en la parcela de San Salvador a través de la detección de algunas especies de oribátidos como indicadores de las condiciones del suelo, mediante la comparación con otra parcela agrícola con las mismas características y mismo tipo de cultivo, pero regada con agua de pozo. El conocimiento de la estructura y composición de la fauna oribatológica de la parcela regada con aguas residuales servirá de base para futuros estudios de impacto ambiental y podría contribuir a mejorar las estrategias de cultivo en nuestro país

1. 2. Ecología del suelo y los oribátidos

El suelo es considerado como un cuerpo natural, que cubre parte de la superficie de la tierra soportando el crecimiento de las plantas y que tiene ciertas propiedades conferidas por el efecto integrado del clima y de los organismos que actúan sobre el material parental en un periodo de tiempo (Tan, 2000). Puede ser considerado como un sistema complejo formado de tres fases: sólida, líquida y gaseosa, siendo la primera fase la que ocupa el 50 por ciento aproximado del volumen total y consiste fundamentalmente de materiales minerales y materia orgánica (Tamhane, 1978); es también, dinámico, viviente, vital para la función de los ecosistemas terrestres y representa un balance entre los factores físicos, químicos y biológicos (Dindal, 1990).

El suelo representa el hogar de una gran cantidad y diversidad de organismos que pueden tener tamaños que van desde algunas micras como las bacterias y algunos hongos, hasta varios centímetros como es el caso de algunos pequeños mamíferos. Muchos invertebrados que viven en este ambiente llegan a ser extremadamente importantes en la generación y mantenimiento de los caracteres físicos, químicos y biológicos del suelo (Dindal, 1990).

Dentro de los invertebrados, los ácaros junto con los colémbolos, integrantes de la mesofauna del suelo, (i.e. aquellos organismos que miden entre 200 μ y 2 mm), constituyen, por separado, grupos importantes en número y en diversidad y juegan un papel preponderante en el reciclaje de la materia orgánica del suelo (Kevan, 1955), generando y manteniendo sus características físicoquímicas y biológicas (Dindal, 1990). Juntos llegan a constituir, frecuentemente, más del 80 % del total de microartrópodos, interviniendo, además, en la formación y estructura del suelo (Quan y Nguyen, 2000). Muchas especies de ácaros tienen hábitos depredadores, alimentándose de otros ácaros o colémbolos; algunas otras especies pueden ser fitófagas, parásitas o bien, de vida libre (Krantz, 1978).

Los ácaros oribátidos o Cryptostigmata, frecuentemente llamados ácaros de musgo o ácaros escarabajo constituyen uno de los grupos de artrópodos, numéricamente dominantes en los horizontes orgánicos de la mayoría de los suelos, donde sus densidades comúnmente pueden alcanzar cientos de miles de individuos por m^2 (Subias *et al.*, 1986; Norton, 1990). Se les puede encontrar donde hay acumulación de materia orgánica con ciertos rangos de humedad y temperatura. A pesar de que la mayoría de ellos son comunes en bosques, pueden encontrarse también en la cima de

las montañas (Dalenius, 1962) donde sólo las plantas más resistentes sobreviven; en el Ártico (Hammer, 1955); o el Antártico (Wallwork, 1969). Hay aún registros de ácaros que viven en plantas u hojas muertas debajo del agua (Aoki, 1964), inclusive se ha descrito una especie de oribátido (*Symbioribates papuensis*) que vive en los hongos del dorso de los gorgojos, (Aoki, 1966). Muchas especies de oribátidos aparecen en condiciones tanto naturales, como seminaturales. Otras pocas especies, en cambio, existen restringidamente o en gran abundancia en lugares con gran impacto humano (Aoki, 1979).

Son varios los factores que afectan la densidad de los oribátidos, como la compactación del suelo, por ejemplo (Hermosilla *et al.* 1977). Se ha estimado que la mayoría de los oribátidos requieren una humedad relativa atmosférica de aproximadamente 90% para sobrevivir (Sengbuch, 1954). Haarlov (1960) encontró que el tamaño de los poros del suelo decrecía con la profundidad y afectaba por lo tanto el tamaño de los ácaros que pudieran utilizar estos espacios. Con respecto a la profundidad de suelo a la que se encuentran los oribátidos, alrededor de 80% de ellos están entre los primeros cinco centímetros de la capa del suelo (Zyromska-Rudzka, 1977).

1. 3. Biología de los ácaros oribátidos

Los oribátidos son ovovivíparos y presentan un estado larval que puede ser muy diferente al adulto. El dimorfismo sexual es poco común y muchas especies son partenogénicas (Krantz, 1978). La gran mayoría de los adultos tienen el cuerpo muy esclerosado y pueden adoptar colores desde café claro, pasando por café oscuro hasta el negro (Norton, 1990). Sus tamaños van de 150 a 1500 micrones, aunque los más

comunes son los que se encuentran entre los 300 y 700 (Norton, 1990, Krantz, 1978; Palacios-Vargas e Iglesias, 2004)).

Los ácaros oribátidos pueden habitar las grietas del suelo, los poros y oquedades creadas por las raíces o animales más grandes (Harlov, 1960). Evitan la luz y la mayoría de ellos no poseen ojos, usan, por tanto, receptores táctiles y químicos, como pueden ser las sedas y tricobotrias bien desarrollados (Krantz, 1978).

Con relación a la biología reproductiva, Block (1966), reporta que ciertas especies de oribátidos pueden tener dos generaciones por año, como *Carabodes minusculus* y las especies de *Oppia* y *Suctobelba*, mientras que otras pueden tener sólo una generación, en el mismo periodo como sucede en *Platynothrus peltifer*, *Tectocepheus velatus*, *Carabodes marginatus*, *Nanhermannia nana*, *Pelops plicatus*, *P. planicornis*, *Chamobates schützi* y *Olodiscus minima*. Sin embargo, Wallwork (1971), considera que *T. velatus* y *Oppia subpectinata* dependiendo de las condiciones ambientales pueden producir de dos hasta cinco generaciones por año.

Asimismo, Reeves (1969), al estudiar la distribución de ácaros oribátidos en una estación forestal de Nueva York, encontró que *Tectocepheus velatus*, *Oppia nova*, *O. subpectinata*, *Pergalumna altera* y *Oribella* sp. tienen el periodo de máxima actividad reproductiva, en los meses de junio, julio y agosto.

La gran mayoría de los ácaros oribátidos son partenogenéticas telitocas, es decir que sólo ponen huevecillos de los cuales nacerán únicamente hembras, debido a que casi no se han encontrado machos. El número de huevecillos que son puestos puede

variar desde uno en los Brachychthoniidae, hasta 16 ó más en otros grupos (Norton, 1990). Muchas especies de este grupo son pioneras y tolerantes a sequía o afines a la misma (Norton, 1994).

1.4. Hábitos alimentarios de los oribátidos

Los hábitos alimentarios de los ácaros oribátidos se pueden clasificar en tres tipos, básicamente: los *macrofitófagos*, que se alimentan de materia vegetal de plantas superiores; dentro de este grupo se incluyen a los xilófagos. Debido a su elevado número en el suelo, y por su elevada tasa de consumo (pueden consumir hasta el 20% de su peso al día) los ácaros oribátidos macrofitófagos, son importantes fragmentadores y su papel es fundamental en el reciclaje de materia en el suelo, ya que facilitan la actuación de las bacterias y hongos, tanto al triturar la materia como al modificarla químicamente, por lo que indirectamente son reguladores del proceso trófico del suelo (Luxton, 1972); los *microfitófagos*, basan su alimentación en la microflora (quedan incluidos dentro de este grupo los micófagos, los ficófagos, y bacteriófagos); y los *panfitófagos* que incluyen a los dos grupos anteriores (Luxton, 1972). *Scheloribates pallidula* puede alimentarse de hifas; *Achipteria* sp. de la epidermis de hojas y tejidos de musgos; las ninfas son posiblemente coprófagas; *Mesoplophora*, por su parte, se alimenta de fragmentos de madera y de algunas esporas de hongos (Woolley, 1960). *Galumna* sp. se alimenta del alga verde *Protococcus*. *Trhypochthonius badius* se le ha observado, frecuentemente, sobre musgos enmohecidos, y los estados inmaduros de *Melanozetes miridianus* mostraron una ligera preferencia por material vegetal en descomposición (Sengbusch, 1974). Ambos grupos, macro y microfitófagos, contribuyen directamente a la estructuración del suelo con la producción de pastillas fecales (Iraola, 2001).

Por otro lado, los oribátidos de las familias Nothridae, Camisiidae, Liacaridae, Oribatulidae, Galumnidae, entre otras, son consideradas como panfitófagas, es decir aquellas especies que se alimentan tanto de seres microbianos como de materiales vegetales superiores (Norton, 1990).

1.5. La materia orgánica del suelo y su relación con los oribátidos.

La materia orgánica del suelo proviene de los restos de plantas, animales y microorganismos y ayuda a compensar los suelos contra los cambios químicos bruscos en el pH; además protege al suelo contra la evaporación incrementando la capacidad de retención del agua (Tamhane *et al.*, 1978). Dicha materia orgánica es indispensable en los suelos ya que su presencia determina y condiciona el medio físico y biológico sobre el cual se desarrollan las plantas. Los microorganismos del suelo utilizan esta materia orgánica como fuente de energía y como materia prima de los elementos constituyentes de sus tejidos; además, tiene una elevada capacidad de cambio y forma complejos arcillo-húmicos que regulan las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo, creando condiciones propicias para la proliferación de hongos, los cuales a su vez hacen que el pH del medio sea más ácido favoreciendo, de esta manera, las poblaciones de oribátidos (Faharat, 1966). (López *et al.* 2000). Se ha observado una correlación directa entre la abundancia total de la fauna del suelo (ácaros y colémbolos) y un alto contenido de materia orgánica (Rajagopal, 2000)

1. 6. Los contaminantes del suelo y su relación con los oribátidos

1. 6. 1. *Toxicología en ácaros oribátidos*. Son varios los trabajos que existen acerca del efecto de sustancias químicas sobre las poblaciones de ácaros. Algunos ácaros, en general, resultaron poco o nada afectados por excesivas aplicaciones de DDT en un tronco de árbol caído y en uno de pino (Hartenstein 1960). Otro estudio mostró que los oribátidos son el grupo menos susceptible al lindano, un insecticida, aplicado en árboles de pino (Huhta *et al.* 1967), sin embargo, en otro caso, al aplicarse insecticida sistémico a suelos cultivados hubo una mortandad casi total de los organismos del suelo, de tal forma que el efecto preciso de un plaguicida puede variar con su toxicidad relativa sobre una especie o grupo de animales (Way y Scopes 1968).

Siepel (1995) notó que los ácaros fungívoros *Platynothrus peltifer* y *Nothrus silvestris*, que se alimentan de las paredes celulares fúngicas y del contenido celular, están más expuestos a y son negativamente afectados por los metales pesados, tales como el plomo, a diferencia del fungívoro *Tyrophagus similis* que se alimenta sólo del contenido celular.

La mayoría de los metales del suelo se encuentran en forma de cationes en la solución del suelo (Contreras, 2001). La concentración de los metales en la fase asimilable es una medida directa de la peligrosidad real o presente, mientras que la concentración total es válida para evaluar la peligrosidad potencial o futura y sólo representa de una manera indirecta y aproximada de la toxicidad actual de un suelo. Sin embargo, para cada agente contaminante un solo valor no puede representar el nivel de toxicidad válido para todos los tipos de suelos, para todos los cultivos y para todos los diferentes usos (García Dorronsoro, 2003 a y b).

Los efectos tóxicos de los metales pesados pueden influir en la desaparición o reducción de los recursos alimenticios (microflora y microfauna) de los organismos del suelo, cambios en el contenido de materia orgánica, y modificación del microclima (Rusek, 2000). También el pH del suelo influye en el desarrollo de la microflora, la cual sirve como alimento para muchos animales incluyendo a los ácaros (Rusek, 2000)

Entre los metales pesados (i. e., aquellos cuya densidad es cinco o seis veces mayor a la del agua (Bautista, 1994), algunos de los más peligrosos son el Cd, el Hg y el Pb y resultan redundantes para las funciones vitales, pero cuando su concentración excede los niveles de tolerancia resultan tóxicos para los organismos (Seniczak y Seniczak, 1998). El término “metales pesados” ha sido usado extensivamente en el pasado para describir a los metales que son contaminantes ambientales. Sin embargo, el aluminio, por ejemplo, que es un metal, tiene una densidad relativa de sólo 1.5, pero es un contaminante extremadamente importante en los lagos acidificados (Walker *et al.*, 2001).

Una manera de evaluar la biodisponibilidad de los contaminantes en el suelo es medir la concentración que tienen dentro de los organismos (Van Straalen, 1996). Un residuo con alta concentración en el cuerpo puede ser el resultado debido a una alta tasa de asimilación, a una baja tasa de excreción, o a ambos procesos (Van Straalen, 1996).

1. 6. 2.- Los ácaros oribátidos como indicadores. Un bioindicador puede ser definido como una especie (o conjunto de especies) que particularmente está bien acoplada (o acopladas) con las características específicas del ecosistema y reacciona a los impactos y cambios (Van Straalen, 1996). Las especies que normalmente no pueden

vivir fuera del bosque, o las que viven sólo en las praderas o en terrenos cultivados; o bien aquellas que pueden soportar altos niveles de contaminantes en los tejidos de sus cuerpos, así como las especies que reaccionan a una práctica de manejo de suelo particular y aquellos que toleran inundaciones, son ejemplos de bioindicadores (Paoletti, 1999).

En particular, los oribátidos se caracterizan por tener baja fecundidad y una baja capacidad para incrementar su población en poco tiempo; sólo unos pocos oribátidos tienen modificaciones para la dispersión por lo que no pueden escapar fácilmente a las condiciones de estrés (Behan-Pelletier, 1999).

En biotopos ruderales urbanos, del Noreste de Norteamérica una especie de cada uno de los géneros *Oppiella*, *Suctobelbella* y *Oribatula*, fueron los primeros oribátidos registrados de una parcela aislada, aproximadamente, a un kilómetro de la zona de bosque (Weigmann, 1982). Asimismo, cerca de una carretera urbana en Japón sólo fueron identificados los géneros *Oppia*, *Quadroppia*, *Tectocepheus*, *Oribatula* y *Eremulus* (Aoki y Kuriki, 1980).

Actualmente ciertos microartrópodos han sido utilizados para detectar concentraciones de residuos de plaguicidas como es el caso de algunos colémbolos donde se señala que éstos son organismos muy resistentes a la contaminación por metales pesados, ya que toleran concentraciones que otros organismos edáficos no soportan y muchos de ellos, inclusive, se ven favorecidos por dichos contaminantes (Contreras, 2001). Sin embargo, se han hecho pocas pruebas con oribátidos, no obstante que se han detectado especies sensibles y muy dependientes de su ambiente como es el

caso de *Humerobates rostroramellatus*, y por lo tanto podrían ser utilizados como indicadores (Lebrun y Van- Straalen, 1995).

1.6. 3. *Las aguas residuales y los metales pesados*. Las aguas residuales son líquidos de composición variada provenientes de uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo han sufrido degradación o alteración en su calidad original (NOM, 1975). Estos líquidos pueden contener gran variedad de compuestos químicos como insecticidas, fertilizantes agrícolas, metales pesados. La toxicidad de los contaminantes que contienen las aguas residuales y con las cuales son regadas muchos de los agroecosistemas en México puede provocar daños en los organismos del suelo (Siebe y Fisher, 1996).

Al-Assiuty *et al.* (2000), por su parte, señalan a cinco especies de Oribatida, *Rhysotritia ardua*, *Oppia bifurcata*, *Niloppia sticta*, *Striatoppia niliaca*, y *Microzetes alces* como organismos restringidos a parcelas tratadas con lodo residual, resaltando a su vez a *Schelorbites laevigatus* y *Epilohmannia cylindrica cylindrica* como dos especies altamente tolerantes al lodo residual el cual contiene una gran variedad de compuestos orgánicos y metales pesados tales como fierro, zinc, cobre, manganeso y cadmio, entre otros.

1.7. Estudios taxónomicos y ecológicos de Oribatida en México

Palacios-Vargas (1982) cita 15 especies de oribatida asociadas a bromeliáceas en el Derrame del Chichinautzin, estado de Morelos, comprendidas dentro de 13 familias. El

mismo autor, pero en 1985 registra del Volcán Popocatepetl 29 géneros dentro de 23 familias de oribátidos. Moreno (1985) hace referencia a 21 especies de Oribatida en la hojarasca de la comunidad de *Pinus hartwegii*. estado de Morelos. En un suelo del Valle de Tehuacán, Puebla, con muy poca alteración ecológica, se reportan 18 familias y 21 géneros, registrándose los géneros *Tectocepheus* (Tectocepheidae) y *Zygoribatula* (Oribatulidae) (Estrada *et al.*, 1988).

Ojeda (1989), por su lado, en una investigación que llevó a cabo en un pastizal en el Estado de México, reporta la presencia de 20 especies y 19 géneros, presentándose nuevamente las especies *Zygoribatula* sp. y *Tectocepheus sarekensis*, aunque en mucho mayor proporción, mientras que *Opiella nova*, sólo estuvo representada en una pequeña proporción.

Del suelo y la hojarasca del Volcán La Malintzin en Tlaxcala, García (2002) registra 11 familias.

En el dosel de varias especies de encinos del Estado de México y Distrito Federal se citan 13 especies incluidas dentro de 10 familias (Palacios-Vargas, Iglesias y Castaño-Meneses, 2003).

Un trabajo más reciente reporta la existencia de 434 especies registradas agrupadas en 250 géneros y 104 familias (Palacios-Vargas e Iglesias, 2004).

1. 8. Justificación

La alfalfa (*Medicago sativa*) y el maíz (*Zea mays*) son los cultivos más importantes, que junto con otros granos, como el trigo (*Triticum aestivum*) ocupan mayor superficie en el Distrito de Riego 063 con alrededor de 90,000 has (Vázquez-Alarcón *et al.*, 2001). En particular, en el Municipio de San Salvador, Hgo., algunos campesinos utilizan las aguas residuales para el riego de sus cultivos, desde de hace más de 80 años (Siebe, 1994).

Siebe (1994) determinó que después de 80 años de riego con agua residual las cantidades de metales son tres a seis veces mayores que en suelos regados con agua de pozo o cultivo de temporal, en particular el cd, pb, cr y zn son incorporados a los suelos a través del riego acumulándose en la capa arable de los suelos. Siebe y Fisher (1996) reportan que el contenido de carbono orgánico, en el suelo de la región de Valle del Mezquital, tuvo un significativo incremento de 2.0 a 2.9 % después de 80 años de riego con aguas residuales, mientras que el promedio del mismo elemento, en suelos regados con agua de lluvia o de pozo, es de 1.4% a 1.95 %. Lo anterior, hace que esta zona sea de gran interés para estudiar de qué manera dichas características fisicoquímicas del suelo afectan a la comunidad de ácaros oribátidos.

Por otra parte, no obstante que nuestro país es uno de los más ricos a nivel mundial en biodiversidad, se han realizado pocos estudios sobre sistemática en ácaros oribátidos, relativamente, y de forma particular con los habitantes de suelos agrícolas. Palacios-Vargas (1994), en su catálogo de ácaros oribátidos de México, tiene un registro de sólo 183 especies para el país; Ríos y Palacios-Vargas (1998) describen 15 especies nuevas de oribatidos; Agustín (2000) reporta un total de 22 géneros de Oribatida de Chamela, Jalisco. Hoffmann y López-Campos (2000) registran 189

especies para el país. Posteriormente, Palacios-Vargas e Iglesias (2004) reportan 434 especies, cifra que representa el (4.5%) del total existente a nivel mundial que asciende a más de 10,000 descritas, representadas en 1,333 géneros, e incluidas en 181 familias (Schatz, 2004). Otros trabajos taxonómicos han contribuido al conocimiento de los oribátidos como los de Ojeda (1983), Iglesias (1995), Palacios-Vargas Iglesias (1997), Ríos (1997), Vázquez (1999) e Iglesias *et al.* (2001), entre otros. El número de estudios de tipo ecológico es todavía más reducido, destacando el de Palacios-Vargas (1985), Estrada *et al.* (1988) y el de Ojeda (1989).

Como puede verse, el conocimiento de los Oribatida en el ambiente edáfico y particularmente de suelos con alteraciones antropogénicas en México, comparado con otros países, es incipiente aún.

Ácaros oribátidos edáficos de dos agroecosistemas con riego contrastante en San Salvador, Hgo.

RESUMEN

El municipio de San Salvador, Hidalgo, cuenta con una amplia superficie agrícola donde los principales cultivos son el maíz y la alfalfa. Para regar las parcelas agrícolas muchos campesinos hacen uso de las aguas residuales que provienen de la ciudad de México y zonas aledañas. Estos líquidos contienen grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica, sin embargo también son ricos en otras sustancias químicas como residuos de plaguicidas, compuestos aromáticos y metales pesados. Algunos estudios del suelo y de las aguas residuales de la región han establecido que la concentración de los metales pesados se ha incrementado a razón de tres a seis veces con respecto a aquellos suelos regados con agua de pozo o con lluvia de temporal. Asimismo, se reporta que después de 80 años de riego con aguas residuales hubo un incremento significativo de 2.0 a 2.9% de carbono orgánico con respecto a los suelos regados con agua de temporal o de pozo. El presente trabajo constituye la primera investigación que se realiza con ácaros en suelos agrícolas regados con agua residual y tuvo como objetivo general el de conocer la estructura (composición y la densidad) de la comunidad de ácaros oribátidos en dos parcelas agrícolas sujetas a riego contrastante (aguas residuales vs. aguas de pozo) en el municipio de San Salvador. Se esperaba menor abundancia de oribátidos en el suelo regado con aguas residuales que en la parcela regada con aguas de pozo. Asimismo, que la composición entre ambas parcelas fuera diferente. Se seleccionaron dos parcelas agrícolas, una regada con aguas residuales (San Salvador) y la otra con agua de pozo (El Bondho). Se realizaron seis

colectas bimestrales, a lo largo de un año. Los puntos de muestreo fueron al azar y fueron tomadas 60 muestras en cada parcela. En el laboratorio fueron extraídos los organismos a través de los embudos de Berlese-Tullgren, separados y cuantificados mediante el microscopio estereoscópico. Una vez realizadas las preparaciones permanentes se llevó a cabo su identificación con la ayuda del microscopio de contraste de fases. Un total de 2,448 ácaros oribátidos fueron cuantificados e identificados; 1,345 de la parcela de San Salvador y 1,103 de El Bondho. Se obtuvo una riqueza de 18 especies en la primera localidad y de 14 en la segunda. Las máximas abundancias en porcentaje fueron para tres especies en San Salvador: *Tectocepheus elegans* (48%), *Scheloribates* sp. (15%) y *Oppiella nova* (13%), mientras que para El Bondho fueron sólo dos, *Zygoribatula connexa* (74%) y *Ramusella* sp. (10%). La densidad de oribátidos en San Salvador fue mayor que en El Bondho (2,360 y 1,935 ind/m², respectivamente). De acuerdo al análisis de varianza (andeva) no existe diferencia significativa en la densidad de oribátidos por el tipo de riego entre ambas parcelas agrícolas estudiadas. El índice de similitud de Sorensen estableció que es de 75% en la composición de oribátidos de ambas parcelas. Sin embargo, hubo diferencias evidentes en la composición y abundancia relativa entre las parcelas regadas con aguas residuales y con agua de pozo. Después de realizar los análisis estadísticos entre los factores fisicoquímicos del suelo se vió que el pH no se correlacionó con las abundancias de oribátidos y se puede establecer que los metales pesados no han alcanzado aún los niveles de concentración tóxicos para la fauna oribatológica en la parcela de San Salvador.

Abstract

The municipality of San Salvador, Hidalgo has an important agricultural surface where the main cultures are maize and alfalfa. To water to the parcels many farmers use the residual waters which come from Mexico City and neighbour areas. These liquids contain big amounts of nutrients and organic matter, nevertheless they are also rich in other chemical substances as remainders of pesticides, aromatic compounds and heavy metals.

Studies of the soil and residual waters of the region have established that the concentration of heavy metals has been increased at the rate of three to six times with respect to those grounds watered with well water or rain. Also, it is reported that after 80 years of irrigation with residual waters there was a significant increase from 2.0 to 2.9% of organic carbon with respect to soils watered with well or rain water.

The present work constitutes the first investigation that is made about mites from agricultural soils water with residual water, and has as general objective to know the structure (composition and the density) of the community of oribatids mites in two different irrigation agricultural parcels (residual waters versus well waters) in the municipality of San Salvador. Abundance of oribatids was expected minor in the soils watered with residual waters that in the parcel watered with well waters. Two agricultural parcels, one watered with residual waters (San Salvador) and the other with well water (El Bondho) were selected. A total of six collections were done bimonthly, throughout a year.

The sampling points were at random and 60 samples were taken at each parcel. In the laboratory the mites were extracted by Berlese funnels and sorted, isolated and counted under the stereoscopic microscope. Slides on Hoyer's solution were done for the identification under the phase contrast microscope. A total of 2,448 oribatids mites was quantified and identified; 1345 from the parcel of San Salvador and 1,103 from El Bondho. A richness of 18 species in the first locality and 14 was in second were obtained. The maximum abundances in percentage were for three species in San Salvador: *Tectocepheus elegans* (48%), *Scheloribates* sp. (15%) and *Oppiella nova* (13%), but for El Bondho they were only two, *Zygoribatula connexa* (74%) and *Ramusella* sp. (10%). The density of oribatidos in San Salvador was greater than in El Bondho (2360 and 1935 ind/m², respectively). Significant difference of the density does not exist of oribatids by the type of irrigation between both agricultural parcels studied. The index of similarity of Sorensen established that there is the 75% in similarity of the composition of oribatids of both parcels. Nevertheless, there were evident differences in the composition and relative abundance between the parcels watered with residual waters and well water. After making the statistical analyses between the physicochemical factors of the soil the pH was not correlated with the oribatids abundances. It is possible to be established that the heavy metals have still not reached the toxic levels of concentration after the oribatological fauna in the parcel of San Salvador.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El presente estudio reviste cierta importancia debido a que no existe este tipo de trabajos en nuestro país, por lo que en el presente trabajo de investigación el objetivo general es conocer la estructura (composición y la densidad) de la comunidad de ácaros oribátidos en dos parcelas agrícolas sujetas a riego contrastante (aguas residuales vs. aguas de pozo) en el municipio de San Salvador, Hidalgo.

Asimismo se plantearon los siguientes objetivos particulares:

1. Obtener un listado faunístico de los ácaros oribátidos presentes en las parcelas agrícolas de El Bondho y San Salvador, Hgo.
- 2.- Comparar la densidad y la composición de especies determinando la densidad absoluta, la densidad relativa, índice de diversidad de Shannon-Wiener y el coeficiente de similitud de la comunidad de ácaros oribátidos de ambas parcelas.
- 3.- Determinar qué géneros o especies de ácaros oribátidos podrían ser indicadores de suelos perturbados por la actividad agrícola y por los contaminantes químicos (metales pesados) procedentes de las aguas residuales.
- 4.- Conocer las diferencias de la estructura de la comunidad de oribátidos en dos temporadas contrastantes (lluvia y sequía).

5.- Determinar la relación entre los factores fisicoquímicos del suelo como el pH, contenido de materia orgánica y el calcio, la porosidad, la textura, el contenido de metales totales y de metales intercambiables, con la diversidad y la abundancia de los oribátidos.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

A). Se espera que en la parcela regada con aguas residuales haya menor abundancia y diversidad de las poblaciones de ácaros oribátidos.

B). Se espera que haya diferencias en la composición de oribátidos en ambas parcelas.

III. ÁREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se encuentra en el Estado de Hidalgo en el Municipio de San Salvador, encontrándose ubicado éste entre los 19° 40' y 20° 29' norte y entre 99° 57' y 99° 27' oeste; a una altitud media de 1,985 m. (DDR 063, 1997).

Esta zona colinda al norte con los municipios de Ixmiquilpan y Santiago de Anaya, al este con el municipio de Actopan; al sur con los municipios de Ajacuba y Francisco I. Madero y al oeste con los municipios de Francisco I. Madero, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón y Chilcuautla (DDR 063, 1997)

III. 1. Datos meteorológicos

Los promedios anuales de precipitación, temperatura y días con heladas en Salvador, Hgo. para 1998 son: 527 mm, 16.8⁰ y 94 días, respectivamente. Los promedios anuales de precipitación y temperatura para el año 1999 fueron de 465.4 mm y 14.7⁰ C, respectivamente y se presentaron 125 días con heladas. Los promedios de diez años de temperaturas y precipitación en San Salvador, se presentan en la Fig. 1.

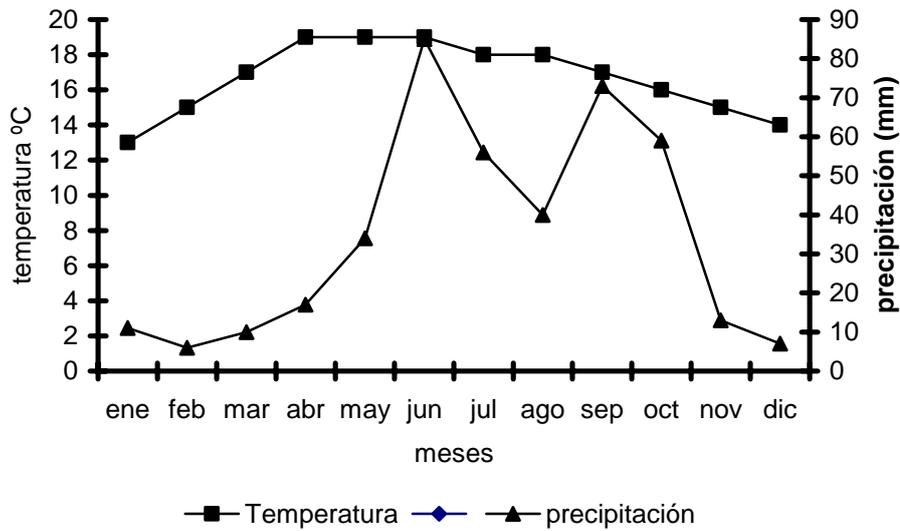


Figura 1. Temperatura y precipitación promedio de diez años de 1991-2000

El clima del municipio es seco semiárido, con una temperatura media anual de 14.8 °C y una precipitación media anual de 543.4 mm. (DDR 063, 1997).

El municipio se encuentra inmerso dentro del Eje Volcánico Transmexicano. Su suelo está constituido por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, dentro de las ígneas están las andesitas, dacitas, riolitas, andesitas basálticas, basaltos y diabasas; entre las sedimentarias se registran rocas hidroclásticas, pizarras, arcillosas, pizarras calizas, calizas, margas, conglomerados, brechas, arenas y aluviones, entre otros y entre las metamórficas se registra sólo el mármol (CNA, 1995).

Los manantiales de Cerro Colorado y Tezontepec abastecen parcialmente al Municipio de San Salvador y se complementa con los pozos profundos ya que es insuficiente la captación de los manantiales (CNA, 1995). El lugar recibe los

escurrimientos de agua residual más importantes del río Tula y Valle de México. En el cauce natural del río Tula se construyó la presa Endhó con fines agrícolas. El río Tula nace de las infiltraciones de la presa Requena, que a su vez almacena agua de escurrimiento de la presa Taxhimay provenientes del río Tepeji, del Emisor Central y del río El Salto, lo que aporta caudales anuales promedio de 498.3 millones de m³ de agua (Zamora, 1988). Las infiltraciones de la presa Taxhimay desvían su curso hacia el este para continuar su recorrido hasta unirse con el río San Juan del Río y constituir así el río Moctezuma, tributario del Pánuco que finalmente descarga en el Golfo de México (Zamora, 1988), (Fig. 2)

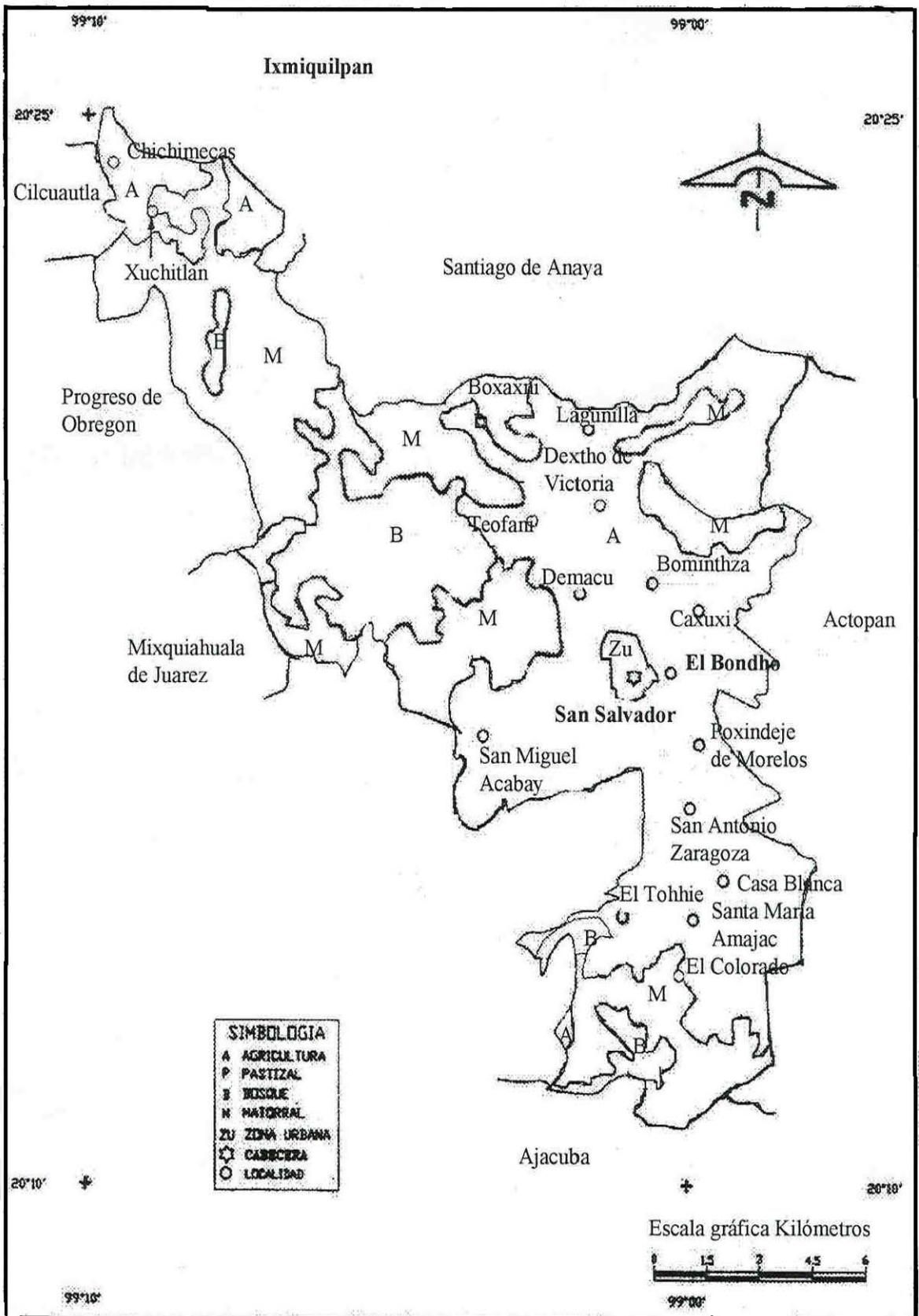


Fig. 2. Ubicación de la zona de estudio, San Salvador y El Bondho, Hgo. Tomado de INEGI, 1998

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV. 1. Trabajo de campo y muestreo.

Las muestras de suelo se colectaron en dos parcelas con características pedogenéticas similares, predominando los suelos calizos, con poca cantidad de sulfatos; dichas parcelas se encuentran muy cercanas entre sí, aproximadamente a una distancia de 400 m. Las muestras que provienen de la parcela de San Salvador fueron regadas con aguas residuales, mientras que las de El Bondho se regaron con aguas de pozo. Dentro de cada parcela se trazó un cuadro de 50 por 20 m, y se seleccionaron, al azar, diez puntos de muestreo. La extracción de las muestras de suelo se realizó con la ayuda de un nucleador metálico de 11cm de diámetro y 6 cm de alto y se llevó a cabo cada dos meses durante un año, de diciembre de 1998 a octubre de 1999. La hora en que se tomaron las muestras fue entre las 11:00 y 13:00 h. La toma de muestras de suelo en cada punto se realizó por triplicado para los estudios de tipo fisicoquímico y para la extracción de los microartrópodos. En total, fueron 120 muestras las que se tomaron, 60 en cada parcela, durante el periodo de colecta,

IV. 2. Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo fueron procesadas para la extracción de los ácaros, usando los embudos de Berlese-Tullgren dejándolos tres días sin luz y otros tres con una fuente de luz (foco de 60 W). Una vez extraídos los organismos, se inició la separación por grupo. Fue necesario montar muchos ejemplares de ácaros oribátidos en preparaciones

permanentes con líquido de Hoyer y así poder llevar a cabo la identificación taxonómica.

La separación y cuantificación de los distintos grupos de ácaros (Prostigmata, Mesostigmata, Astigmata y Oribatida) se realizó con la ayuda de los microscopios estereoscópicos marca Stereo Star Zoom, mientras que para la identificación a nivel genérico y específico de los oribátidos se utilizaron las claves de Balogh y Balogh (1992 a y b) y la microscopía de contraste de fases Carl Zeiss. Los análisis físicoquímicos del suelo como la medición de materia orgánica, el pH, los metales pesados, los cationes intercambiables, la porosidad y la conductividad eléctrica fueron realizados en el Laboratorio de Edafología

Con respecto a las fases inmaduras de Oribatida sólo se consideraron a dos especies, *Z. connexa* y *T. elegans* por haber sido éstas las más abundantes y conspicuas:

IV. 3. Análisis estadístico.

Se aplicaron Análisis de Varianza (Andevas) para determinar el efecto de la fecha y la localidad sobre el pH, la porosidad, la conductividad eléctrica, así como los contenidos de Mg, Ca, K, Na y materia orgánica del suelo.

Asimismo, se aplicaron andevas de dos vías para determinar el efecto de la fecha y la localidad sobre la abundancia de cada una de las especies de ácaros oribátidos registradas.

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener ($H' = \sum(P_i \ln P_i)$), donde p_i = abundancia proporcional de la i -ésima especie.

El índice de diversidad de Simpson en ambas localidades ($\lambda = \sum P_i^2$), donde $P_i = n_i/n$.

n = Número total de individuos de todas las especies

n_i = Número de individuos de la misma especie

Asimismo, se calcularon la riqueza específica (S) y el índice de equitatividad de Pielou (J) en ambas comunidades ($E = ((1/\lambda) - 1) / e^{H'} - 1$)

También se calculó el índice de similitud de Sorensen:

$$Cs = (2c \times 100) / (a + b)$$

Donde a = Número de especies presentes en la comunidad A

b = Número de especies presentes en la comunidad B

c = Número de especies comunes en las comunidades A y B

Los datos de abundancia fueron transformados mediante la ecuación $\sqrt{(X + 0.5)}$ para corregir la normalidad de la distribución (Zar, 1984).

Para aplicar estos análisis estadísticos se utilizaron los programas Statecol y Statistica, versión 6.0 (Statsoft, 1998).

V. RESULTADOS

V.1. Estructura de la comunidad de ácaros

V.1.1. Composición de los órdenes de ácaros. Como resultado de un año de muestreos sistemáticos en las localidades de San Salvador y El Bondho se obtuvieron un total de 39,487 ácaros, de los cuales el 83% fueron Prostigmata, le siguieron, en orden de importancia, los Astigmata con 7%, los Cryptostigmata con solo 6% y, en último lugar, figuraron los Mesostigmata representados únicamente por un 4%. Por localidad, San Salvador tuvo la mayor abundancia con 28,392 organismos (72%) por sólo 11,095 ácaros (28%) colectados en El Bondho (Cuadro 1). Todos los grupos de ácaros siempre estuvieron presentes en mayor número en la parcela de San Salvador, en particular los Prostigmata fueron registrados en una cantidad tres veces mayor en San Salvador que en El Bondho.

Cuadro 1. Abundancia absoluta y relativa de Acari por localidad en un año de muestreo en las parcelas de San Salvador y El Bondho, Hgo.

Taxa	San Salvador	%	El Bondho	%	Total
Prostigmata	24429	86	8262	75	32691
Astigmata	1,681	6	1,141	10	2,822
Cryptostigmata	1,345	5	1,103	10	2,448
Mesostigmata	937	3	589	5	1,526
Total	28392	100	11095	100	39487

La cantidad de ácaros registrados en San Salvador representó 2.5 veces más de lo colectado en El Bondho. Se observa que de todos los órdenes de ácaros, los Prostigmata siempre fueron más abundantes tanto en El Bondho como en San Salvador

También puede notarse que Astigmata fue ampliamente superior en San Salvador con respecto a El Bondho.

Los Mesostigmata, por su parte, fueron notoriamente más abundantes en San Salvador conformando casi el doble de organismos de los que se colectaron en El Bondho. Sin embargo, la abundancia de los Cryptostigmata en San Salvador sólo fue ligeramente superior a la registrada en la segunda parcela (Figs. 3 y 4).

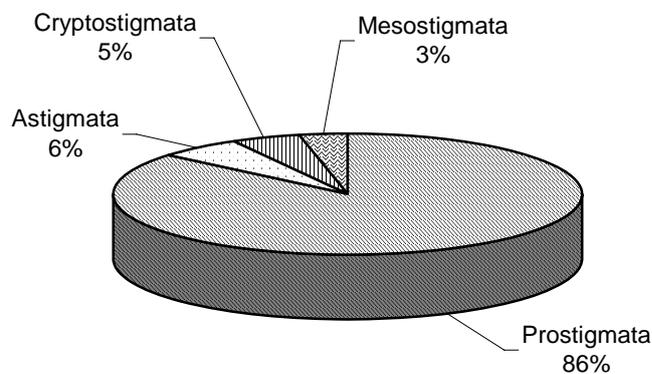


Fig. 3. Abundancia relativa de cada orden de ácaros en la parcela de San Salvador, Hgo., regada con aguas residuales

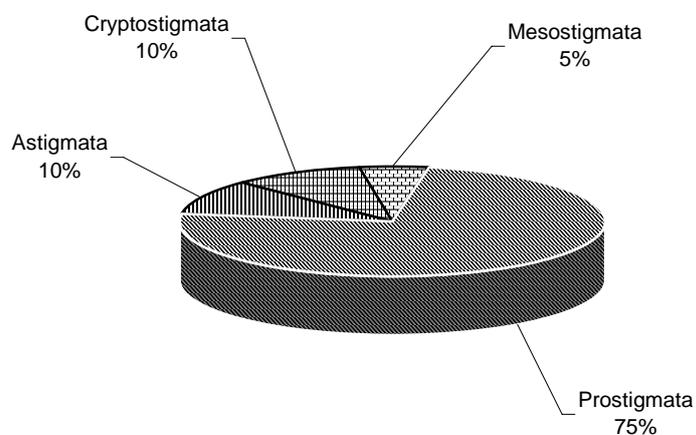


Fig. 4. Abundancia relativa de cada orden de ácaros en la parcela de El Bondho, Hgo., regada con aguas de pozo

Los oribátidos sumaron en total 2,448 individuos, representando el tercer lugar de todos los ácaros, de los cuales 1,345 (55%) correspondieron a la localidad de San Salvador y 1,103 (45%) lo fueron para El Bondho (Cuadro1). Como puede notarse en los oribátidos, las diferencias son muy pocas.

V. 1. 2. Composición de especies del Orden Oribatida. Se registraron en total, en las dos localidades, 20 especies agrupadas en 19 géneros y 15 familias. La lista faunística de dichas especies se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Lista faunística de oribátidos en las parcelas de San Salvador (S S) y El Bondho (EB), Hgo.

Familia	Especie	SS	EB
Thyrisomidae	<i>Gemmazetes cavatica</i> (Kunst, 1962)		
Oppiidae	<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	+	+
	<i>Ramusella</i> sp. +	+	
	<i>Brachioppia</i> sp. +	-	
	<i>Microppia</i> sp. -	+	
Oribatulidae	<i>Zygoribatula connexa</i> (Berlese, 1904)	+	+
	<i>Z. ca. bonairensis</i>		
Epilohmanniidae	<i>Epilohmannia pallida</i> Balogh et Mahunka, 1980	+	+
Carabodidae	<i>Carabodes ecuadoriensis</i> P. Balogh, 1988	+	-
Euphthiracaridae	<i>Rhysotritia ardua</i> (C. L. Koch, 1841)	+	+
Scheloribatidae			<i>Scheloribates</i> sp.
	<i>Setobates</i> sp. +	-	
Xylobatidae	<i>Xylobates</i> sp. +	+	
Hypochthoniidae	<i>Hypochthonius</i> sp.	+	-
Lohmanniidae	<i>Lohmannia banksi</i> Norton et al., 1978	+	-
Trhypochthoniidae	<i>Allonothrus</i> sp. -	+	

Continuación (cuadro 2)

Haplozetidae	<i>Rostrozetes</i> sp.	+	+
Tectocephidae	<i>Tectocephus elegans</i> Ohkubo, 1981		+ +
Ceratozetidae	<i>Ceratozetes</i> sp.	+	+
Galumnidae			Galumna sp.

En la parcela de San Salvador se registraron 18 taxa agrupadas dentro de 17 géneros y 14 familias, a saber: de la familia Tyrisomidae sólo *Gemmazetes cavatica*; de Oppiidae fueron tres, *Oppiella nova*, *Ramusella* sp. y *Brachioppia* sp.; de Oribatulidae se registran *Zygoribatula connexa*, y *Z. ca. bonairensis*; Scheloribatidae está representada por dos especies *Scheloribates* sp. y *Setobates* sp.; la restantes familias sólo aportan con una especie, Epilohmaniidae con *Epilohmannia pallida*; Carabodidae, *Carabodes ecuadoriensis*; Euphthiracaridae, *Rhysotritia ardua* sp.; Xylobatidae, *Xylobates* sp.; Hypochthoniidae *Hypochthonius* sp.; Lomanniidae, *Lohmannia banksi*; Haplozetidae, *Rostrozetes* sp.; Tectocephidae, *Tectocephus ca. elegans*; Ceratozetidae, *Ceratozetes* sp.; Galumnidae, *Galumna* sp. Las abundancias por fechas de colecta y de manera global aparecen en el cuadro 3. En la figura 5 aparecen los porcentajes de las especies que estuvieron mejor representadas.

Cuadro 3. Total de oribátidos por especie registrados por fecha de colecta en la localidad de San Salvador,

Hgo.

Spp./San Salvador	14-Dic-98	23-Feb -99	29-Abril -99	20-jun -99	13-Ag 99	10-Oct -99	Total ind.
<i>Gemmazetes cavatica</i>	53	0	0	0	0	0	53
<i>Oppiella nova</i>	8	3	13	139	10	8	181
<i>Ramusella</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1
<i>Brachioppia</i> sp.	1	0	0	0	0	0	1
<i>Zygoribatula connexa</i>	34	14	3	24	20	1	96
<i>Z. ca. bonairensis</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Epilohmannia pallida</i>	1	0	0	0	0	2	3
<i>Carabodes ecuadoriensis</i>	3	0	0	0	0	0	3
<i>Rhysotritia ardua</i> .	0	1	0	8	2	12	23
<i>Schelorbates</i> .	156	22	13	2	5	0	198
<i>Setobates</i> sp.	0	6	0	0	0	0	6
<i>Xylobates</i> sp.	5	3	2	12	34	51	107
<i>Hypochthonius</i> sp.	0	1	0	0	0	0	1
<i>Lohmannia banksi</i>	0	0	0	0	0	6	6
<i>Rostrozetes</i> sp.	1	0	0	1	0	5	7
<i>Tectocephus elegans</i>	518	106	8	5	10	4	651
<i>Ceratozes</i> sp.	2	0	1	0	1	0	4
<i>Galumna</i> sp.	2	1	0	0	0	0	3
Total	785	157	40	191	82	90	1345

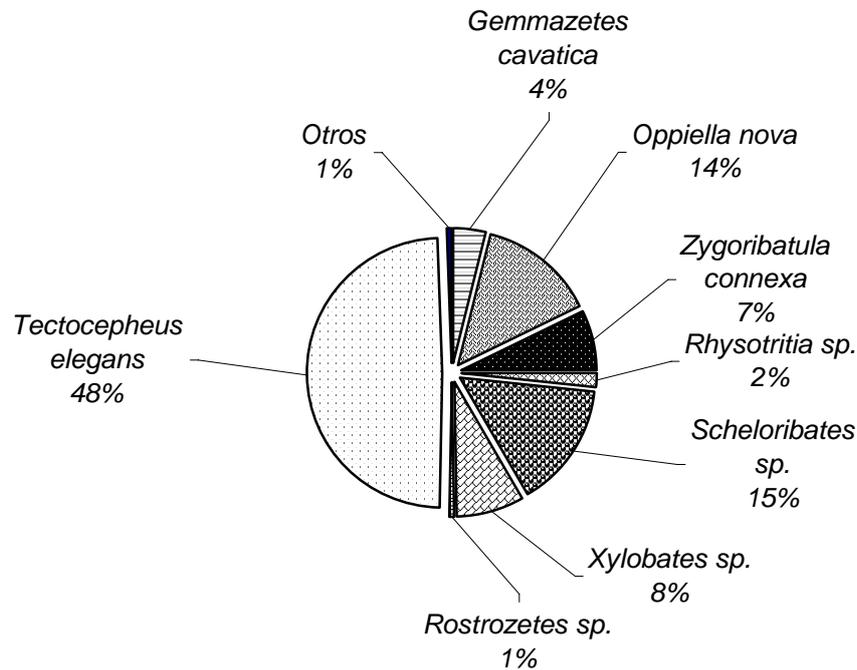


Fig. 5. Abundancia relativa anual de oribátidos en San Salvador, Hgo.

Para El Bondho se registraron un total de 14 taxa comprendidos en 12 géneros y 11 familias, a saber: de la familia Tyrisomidae, *Gemmazetes cavatica*; de la familia Opiidae son tres especies, *Opiella nova*, *Ramusella sp.* y *Microppia sp.*; Oribatulidae aporta dos, *Zygoribatula connexa* y *Z. ca. bonairensis*; Epilohmanniidae, *Epilohmannia pallida*; Euphthiracaridae, *Rhysotritia ardua*; Scheloribatidae, *Schelorbates sp.*; Xylobatidae, *Xylobates sp.* (Trhypochthoniidae) *Allonothrus sp.*; Haplozetidae, *Rostrozetes sp.*; Tectocepheidae, *Tectocepheus elegans*; Ceratozetidae *Ceratozetes sp.* (Cuadro 4). En este cuadro se muestran las abundancias tanto por fechas de colecta como los totales. Las especies mas representativas para esta localidad se muestran, de manera porcentual en la figura 6.

Cuadro 4. Total de oribátidos por especie registrados por fecha de colecta en la localidad de El Bondho, Hgo

Spp/Bondho	14-Dic-98	23-Feb-99	29-Abr-99	20-Jun-99	13-Ago-99	10-Oct-99	Total ind.
<i>Gemmazetes cavatica</i>	4	0	0	0	0	0	4
<i>Oppiella nova</i>	4	0	0	13	17	3	37
<i>Ramusella</i> sp.	5	0	0	9	49	53	116
<i>Microppia</i> sp.	0	1	0	0	4	4	9
<i>Zygoribatula connexa</i>	20	762	0	12	18	2	814
<i>Z. ca. Bonairensis</i>	0	3	0	1	0	0	4
<i>Epilohmannia pallida</i>	5	2	0	1	20	8	36
<i>Rhysotritia ardua.</i>	1	2	0	0	7	2	12
<i>Schelorbates</i> sp.	4	0	2	3	1	0	10
<i>Xylobates</i> sp.	3	0	0	0	7	0	10
<i>Allonothrus</i> sp	0	0	0	0	0	1	1
<i>Rostrozetes</i> sp.	23	1	0	0	0	0	24
<i>Tectocephus elegans</i>	0	4	10	4	0	1	19
<i>Ceratozes</i> sp.	4	0	0	0	2	1	7
Total.	73	775	12	43	125	75	1103

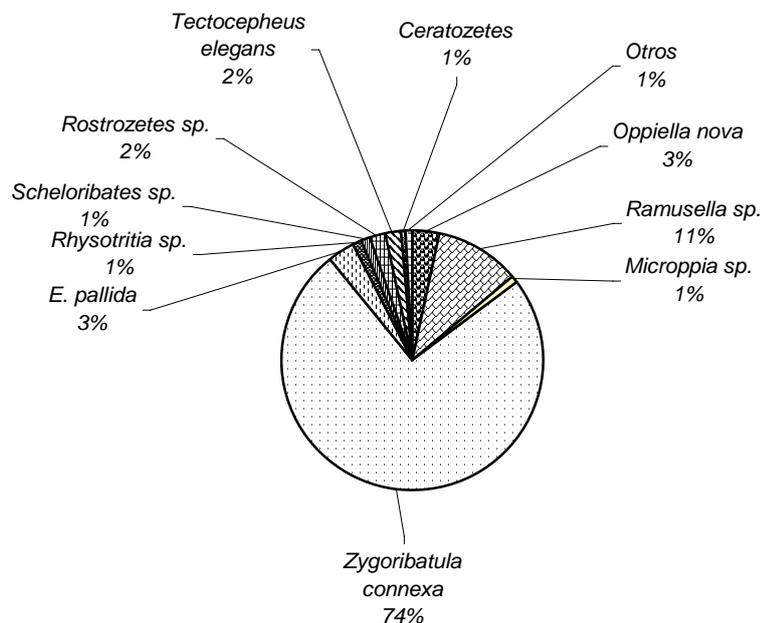


Fig. 6. Abundancia relativa anual de oribátidos en El Bondho, Hgo.

En el cuadro 5 se aprecia que las especies dominantes fueron *Tectocepheus elegans* en San Salvador con 48% de abundancia y *Zygoribatula connexa* en El Bondho con 74 %. Juntos, *Z. connexa* y *T. elegans* suman el 64% del total de oribátidos colectados en las dos localidades en las seis fechas de muestreo. Además, también puede notarse que son tres las especies más abundantes en San Salvador en orden decreciente: *T. elegans*, *Scheloribates sp.* y *O. nova*. La primera especie es tres veces más abundante que *Scheloribates sp.*, mientras que comparada con *O. nova* es casi cuatro veces mayor. En El Bondho sólo son dos las especies que sobresalen: *Z. connexa* y *Ramusella sp.* y la primera es siete veces mayor que la segunda.

De las 20 taxa reportadas en total, en las dos parcelas estudiadas, sólo *Microppia* sp. y *Allonothrus* sp. fueron exclusivas de la localidad de El Bondho. Por su parte, en esta última localidad no estuvieron presentes *Galumna* sp., *Lohmannia banksi*, *Hypochthonius* sp., *Setobates* sp., *Carabodes ecuadoriensis* ni *Brachioppia* sp., las cuales fueron exclusivas de San Salvador (Cuadro 5).

Puede observarse también que ninguna de las especies exclusivas de ambas localidades alcanzó una abundancia relativa al 1 %, aunque el mayor número de ellas se presentó en San Salvador, tal vez porque fue en este lugar donde se presentó la mayor concentración de metales pesados haciendo posible con esto el establecimiento de un mayor número de especies cuadro 5.

Tectocephus elegans registró un 27% del total de oribátidos en ambas parcelas. En San Salvador ocupó el primer lugar en abundancia, correspondiendo al 48% de organismos de esa localidad, y estuvo presente en todas las fechas de colecta, lo que nos indica que tiene una amplia preferencia por el suelo de esa zona. En contraste a lo que sucedió en San Salvador, *T. elegans* estuvo muy pobremente representado en El Bondho puesto que sólo un 2% estuvo presente en este sitio, donde ocupó la sexta posición en abundancia (Figs. 5 y 6). No se registró en los meses de febrero ni agosto en esta última localidad (Cuadros 3-5).

Cuadro 5. Abundancia relativa de oribátidos en orden decreciente en San Salvador y El Bondho, las especies exclusivas en negritas.

	San Salvador, Hgo.	%	El Bondho, Hgo.	%
1	<i>Tectocepheus elegans</i>	48	<i>Zygoribatula connexa</i>	74
2	<i>Scheloribates</i> sp.	15	<i>Ramusella</i> sp.	10
3	<i>Oppiella nova</i>	13	<i>Oppiella nova</i>	3
4	<i>Xylobates</i> sp.	8	<i>Epilohmannia pallida</i>	3
5	<i>Zygoribatula connexa</i>	7	<i>Rostrozetes</i> sp.	2
6	<i>Gemmazetes cavatica</i>	4	<i>Tectocepheus elegans</i>	2
7	<i>Rhysotritia ardua</i>	2	<i>Rhysotritia ardua</i>	1
8	<i>Rostrozetes</i> sp.	0.5	<i>Scheloribates</i> sp.	1
9	<i>Setobates</i> sp.	0.4	<i>Xylobates</i> sp.	0.8
10	<i>Lohmannia banksi</i>	0.4	<i>Micropopia</i> sp.	0.8
11	<i>Ceratozetes</i> sp.	0.3	<i>Ceratozetes</i> sp.	0.6
12	<i>Epilohmannia pallida</i>	0.2	<i>Gemmazetes cavatica</i>	0.4
13	<i>Carabodes ecuadoriensis</i>	0.2	<i>Zygoribatula ca. bonairensis</i>	0.4
14	<i>Galumna</i> sp.	0.2	<i>Allonothrus</i> sp.	0.1
15	<i>Ramusella</i> sp.	0.1		
16	<i>Brachioppia</i> sp.	0.1		
17	<i>Zygoribatula ca. bonairensis</i>	0.1		
18	<i>Hypochthonius</i> sp.	0.1		

El género *Scheloribates* fue otro de los mejor representados en la localidad de San Salvador con un 15% del total en esta localidad; ocupando, además la segunda posición en abundancia. En El Bondho ocupó la octava posición con sólo el 1% (Cuadro 3 y 5, figs. 5 y 6). Entre las dos parcelas representó el cuarto lugar con 8.5% del total.

En el presente estudio *O. nova* estuvo bien representada en San Salvador registrándose en todos los meses de colecta, no así en El Bondho, lugar donde estuvo ausente en los meses de febrero y abril. En El Bondho, la población de *O. nova* decayó a casi a una quinta parte de lo que se registró en San Salvador no obstante, siguió ocupando el mismo tercer lugar en abundancia en ese sitio, al igual que ocupó en San Salvador. En este último sitio *O. nova* se registró en todo el año de muestreo alcanzando el 13% de organismos, mientras que en El Bondho sólo fue registrado el 3% de esa especie (Figs. 5 y 6). Sin embargo, considerando el total entre las dos parcelas representa el 8.9%, tomando la tercera posición en abundancia.

Gemmazetes cavatica fue de las especies raras, ya que sólo se registró en el mes de diciembre, tanto en San Salvador como en El Bondho, pero en esta última localidad fue muy baja su abundancia poblacional, y en ningún otro mes se volvió a registrar.

El género *Ramusella* sp. estuvo bien representado en el Bondho con 116 ejemplares, sin embargo, en San Salvador sólo un individuo fue registrado en el mes de octubre, fecha en la que tuvo su máxima abundancia en la localidad de El Bondho (Cuadros 3 -5).

El género *Microppia* sp. por su parte registró un total de nueve organismos en El Bondho y cero en San Salvador, siendo, por tanto exclusiva para la primera localidad (Cuadro 5).

La especie *Epilohmannia pallida* estuvo representada muy pobremente en la localidad de San Salvador únicamente con tres organismos, en diciembre y en octubre, mientras que en El Bondho se registraron 36, teniendo, por tanto, mayor preferencia por el suelo ligeramente más alcalino. Es necesario señalar que esta especie fue de las más constantes en esta última parcela, ya que sólo en el mes de abril no fue registrada (Cuadro 3 y 4).

Rhysotritia ardua estuvo representado por 23 individuos en San Salvador y con 12 en la parcela del El Bondho.

Xylobates sp. fue de las especies constantes ya que se registró en todas y en cada una de las fechas de muestreo en San Salvador con 107 organismos, pero en El Bondho sólo se registró en los meses de diciembre y agosto, cuantificándose sólo diez individuos.

El género *Rostrozetes* estuvo pobremente representado en ambas parcelas con siete y 24 individuos en San Salvador y El Bondho, respectivamente.

Ceratozetes sp. al igual que el género anterior se encontró en una proporción muy baja en ambas localidades: cuatro en San Salvador y siete en El Bondho.

Zygoribatula ca. bonairensis fue una de las especies raras, aunque estuvo presente en ambas localidades, cuatro en El Bondho y sólo un individuo en San Salvador. No se tiene registro de su presencia en otros ambientes.

Las especies *Brachioppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis*, *Setobates* sp. *Hypochthonius* sp. y *Lohmannia banksi* fueron también raras presentándose en una muy baja proporción, sin embargo sólo estuvieron presentes en la parcela de San Salvador, mientras que *Allonothrus* sp. que de igual forma representó una especie rara, fue exclusiva de la parcela de El Bondho (Cuadro 5).

Por último, *Galumna* sp. fue exclusiva de la localidad de San Salvador con tres representantes, únicamente.

V. 2. Variación estacional de Oribatida

Considerando los meses desde junio hasta noviembre como los de lluvia y el resto de los meses como de secas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para los meses de secas se cuantificaron 1,842 (75 %) oribátidos entre ambas localidades, en tanto que en la estación de lluvias sólo se obtuvieron 606, equivalente al (25 %) (Cuadro 6).

La riqueza específica resultó más alta en la época de “sequía” en San Salvador (16 especies) que en la de lluvias (11 especies). En El Bondho esta tendencia no fue

muy clara, pues sólo se registraron 13 y 12 especies para los mismos periodos, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Abundancia absoluta y riqueza específica (S) en lluvias y secas en el municipio de San Salvador, Hgo.

Localidad	Lluvias		Secas	
	No. oribátidos	(S)	No. oribátidos	(S)
San Salvador	363	11	982	16
El Bondho	243	12	860	13
Total	606		1842	

Es de llamar la atención el resultado obtenido en esta investigación ya que en el periodo de “sequía” es donde se presenta la mayor abundancia, aunque como ya se ha mencionado esto ocurrió en la primera mitad de este periodo. En San Salvador la abundancia es dos veces mayor con relación a la época de lluvias. En el Bondho, en la misma época, la abundancia se triplica con respecto a la de lluvias (cuadro 6)

En el mes de diciembre en San Salvador la riqueza específica fue de 13, disminuyendo hasta 6 en el mes de abril, en los meses de junio y agosto fue de 7 y de 9 en octubre. En El Bondho, en el mes de diciembre, se registraron 10 especies, luego bajó a 2 en el mes de abril y subió a 9 especies en octubre de 1999 (Fig. 7).

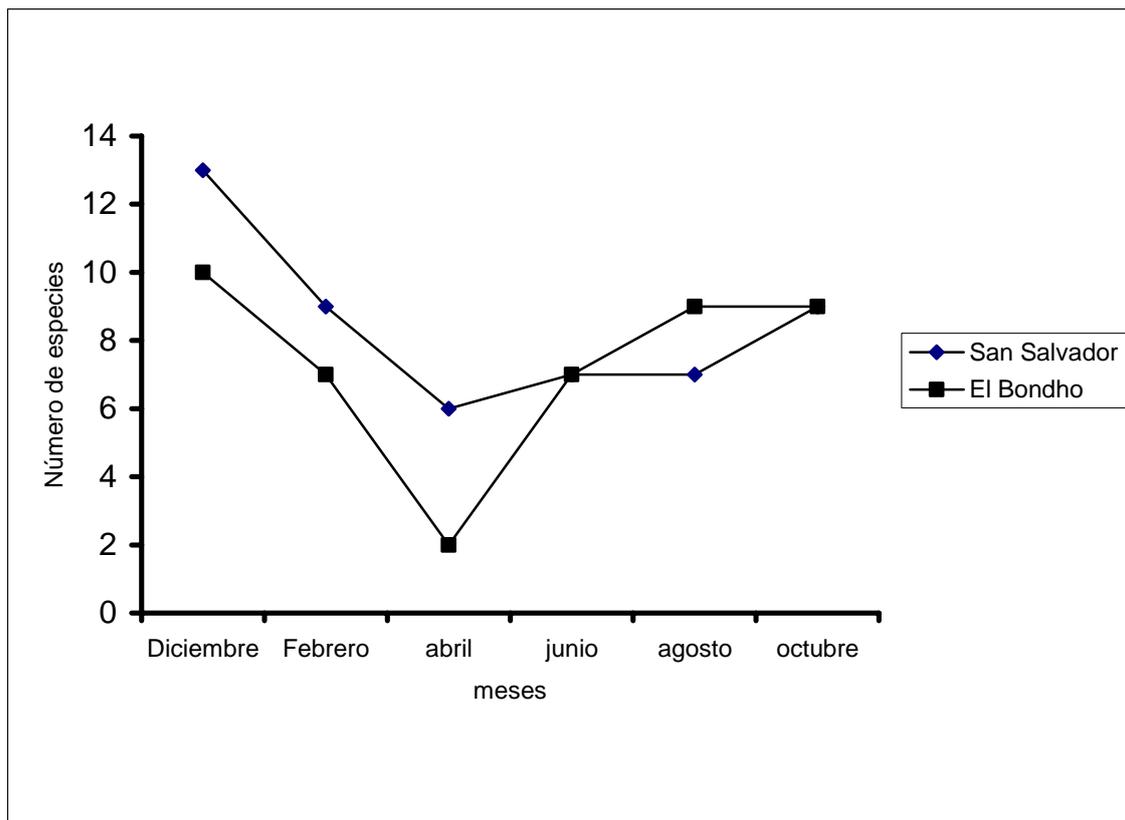


Figura 7. Riqueza específica por fechas y localidad en San Salvador y el Bondho,

Hgo.

La variación anual de los oribátidos del suelo en ambas localidades se presentó como sigue: diciembre de 1998 fue el mes en el que se registró la mayor abundancia de oribátidos con 785 individuos para San Salvador, mientras que en la localidad de El Bondho lo fue en el mes de febrero del siguiente año con 775 individuos (Cuadros 3 y 4).

La variación de la abundancia relativa de los oribátidos en ambas localidades, por fechas de colecta se presenta en la figura 8.

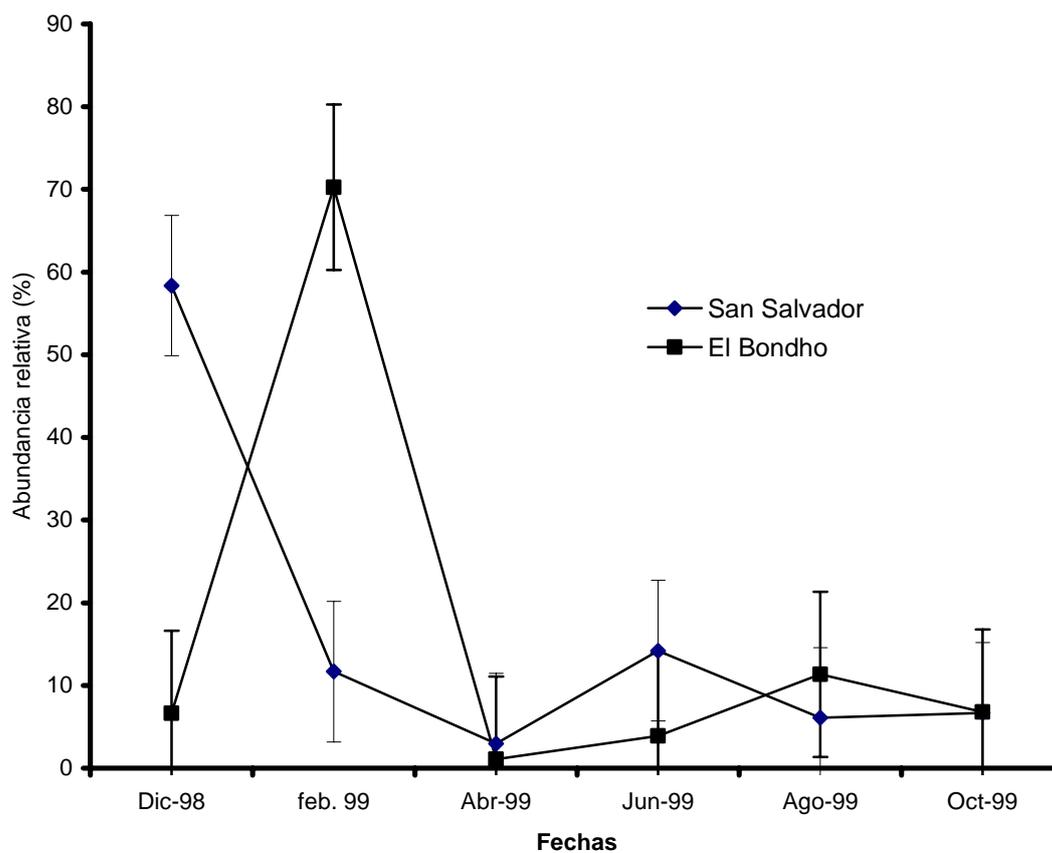


Fig. 8. Variación anual de la abundancia relativa de oribátidos en dos localidades, San Salvador (aguas residuales) y El Bondho (aguas de pozo)

En el área de San Salvador, parcela regada con aguas residuales, *Z. connexa* estuvo presente en todas las fechas de colecta aunque con muy baja densidad en cada una de ellas y sólo representó el 7% (Cuadro 3, fig. 5), ocupando el quinto lugar en importancia. En El Bondho, sin embargo, representó el 74% (Cuadro 4, fig. 6), ocupó el primer sitio en abundancia, pero estuvo ausente en el mes de abril.

La densidad promedio anual de oribátidos fue de 2,360 ind/m² en San Salvador y de 1,935 ind/m² en El Bondho.

Por fechas de colecta se tiene que para el mes de febrero en El Bondho se obtuvo una densidad de 8,158 ind/m², mientras que el en mes de abril se presentó la menor densidad (126 ind/m²). En la localidad de San Salvador el mes de diciembre fue el de mayor valor en la densidad (8,263 ind/m²) y en el mes de abril fue donde se registró la menor (421 ind/m²) (Fig. 9).

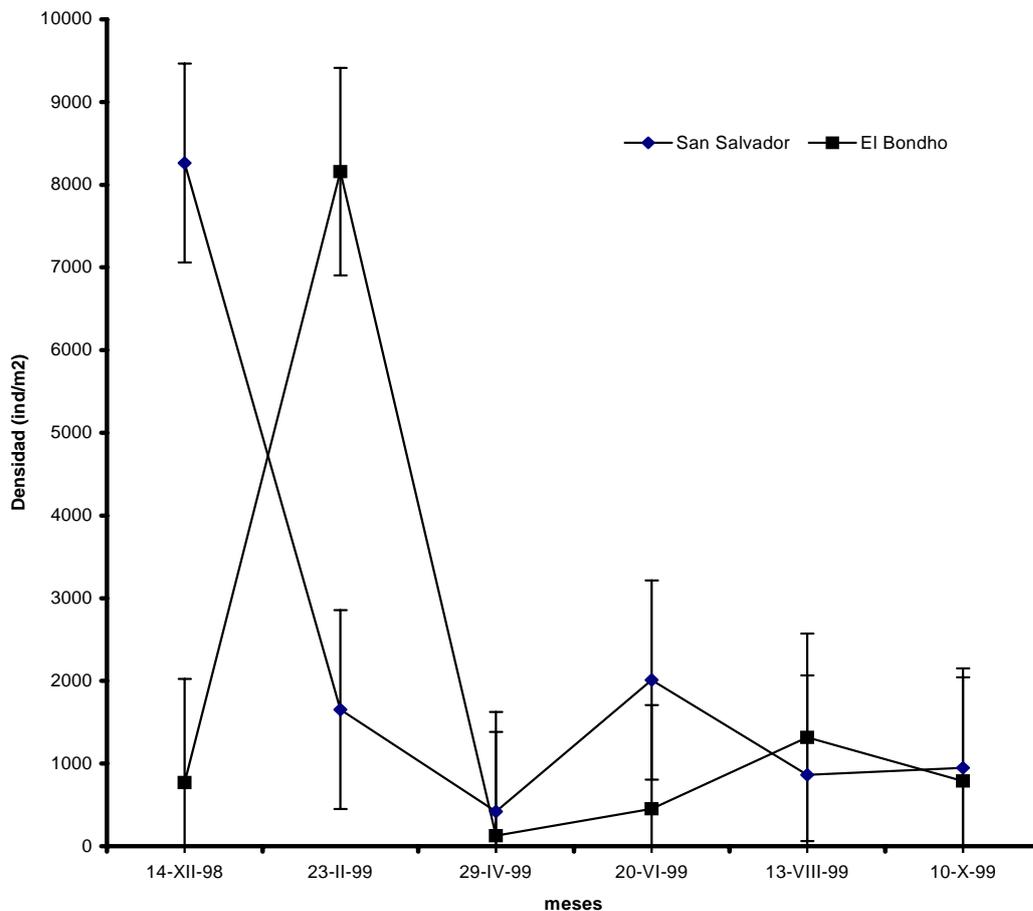


Fig. 9. Variación anual en la densidad de oribátidos edáficos en dos parcelas sujetas a riego contrastante: San Salvador (aguas residuales) y El Bondho (aguas de pozo), Hgo.

V. 3. Variación estacional de Inmaduros

Con respecto a la variación de estados inmaduros San Salvador presentó dos valores elevados de densidad de ninfas pertenecientes a *T. elegans* en los meses de diciembre y febrero; representando, inclusive, casi el doble del presentado en los adultos, en esos mismos meses (Cuadro 7). En abril y agosto se registraron valores de densidad muy bajos de 21 y 32 ind/m², respectivamente. En el Bondho, en el periodo de secas también se obtuvieron bajas densidades, registrándose sólo en los meses de febrero (42), abril (105) y junio (42 ind/m²), de esa especie. Por otra parte, a diferencia de la primera especie, *Z. connexa* presentó sólo pequeños valores de 10, 105, 84 y 116 ind/m² en los meses de diciembre, febrero, junio y agosto, respectivamente en San Salvador. En El Bondho, sin embargo, esta misma especie, registró un importante valor de 2695 ind/m² de ninfas en el mes de febrero, mientras que en diciembre, junio y agosto fueron muy bajos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Variación estacional de las densidades (ind/m²) de ninfas de *Tectocephus elegans* y *Zygoribatula connexa* en parcelas de San Salvador y El Bondho, Hgo. de diciembre de 1998- octubre 1999

Especie	San Salvador , Hgo. (ind/m ²)						El Bondho, Hgo. (ind/m ²)					
	Dic.	Feb.	Abr	Jun	Ago	Oct.	Dic.	Feb.	Abr	Jun	Ago	Oct.
<i>Tectocephus elegans</i>	3568	811	21	0	32	0	0	42	105	42	0	0
<i>Zygoribatula connexa</i>	10	105	0	84	116	0	32	2695	0	53	53	0

Como puede observarse en el cuadro 7, las máximas densidades de ninfas de las mencionadas especies también se presentan en los meses de diciembre para la localidad de San Salvador y febrero para el caso de El Bondho, al igual como sucede con los adultos. En el presente trabajo *Tectocephus elegans* y *Zygoribatula connexa* fueron las especies mejor representadas y también las que estuvieron presentes en un gran número en pocas muestras.

V. 4. Diversidad y Similitud

La riqueza específica fue mayor en El Bondho que en San Salvador. No se encontraron diferencias significativas en el índice de Shannon (H') entre las parcelas ($t= 1.493$, $P>0.05$; Fig. 10). Sin embargo, por fechas de colecta sí hubo diferencias significativas en ambas localidades y se encuentran marcados con un asterisco (*) (Cuadros 8-11).

Valor de T	Fecha1	Fecha2	Fecha3	Fecha4	Fecha5	Fecha6
Fecha 1		-0.022045	-0.178377	0.047216	-0.199455	-0.170132
Fecha 2	-0.495883		-0.156332	0.069261	-0.177410	-0.148087
Fecha 3	*-3.746211	*-2.597386		0.225593	-0.021078	0.008246
Fecha 4	1.187392	*-4.939449	*698.926947		-0.246671	-0.217348
Fecha 5	*-4.939449	*-3.246659	-0.368212	*-1431.143955		0.029324
Fecha 6	*-3.153677	*-3.153677	0.122150	*-3.493516	0.468354	

Cuadro. 8. Valores de “t” entre fechas de colecta en San Salvador, Hgo.

*= Valores significativos

V, g.l	Fecha1	Fecha2	Fecha3	Fecha4	Fecha5	Fecha6
Fecha 1		0.000004	0.000005	0.000003	0.000003	0.000008
Fecha 2	219.440898		0.000013	0.000009	0.000011	0.000018
Fecha 3	53.629126	115.726293		0.000010	0.000011	0.000021
Fecha 4	291.478546	330.030672	99.992910		0.000007	0.000015
Fecha 5	124.380407	275.845764	91.795922	225.963395		0.000015
Fecha 6	112.591290	91.290174	121.543087	179.300608	159.474235	

Cuadro. 9. Grados de libertad para la prueba de “t” de las distintas fechas de colecta en

San Salvador, Hgo.

Valor de T	Fecha1	Fecha2	Fecha3	Fecha4	Fecha5	Fecha6
Fecha 1		-0.78134	-0.63485	-0.12401	-0.07117	-0.33753
Fecha 2	*-17.4260		0.14650	0.65733	0.71017	0.44381
Fecha 3	*-7.3151	1.92559		0.51083	0.56368	0.29732
Fecha 4	*-2.0216	-1.32227	*308.19696		0.05284	-0.21352
Fecha 5	-1.3223	20.91436	*6.89963	*175.14646		-0.26636
Fecha 6	*-4.3481	*-4.34807	*3.00283	*-2.74852	*-3.70496	

Cuadro. 10. Valores de “t” entre fechas de colecta en El Bondho, Hgo.

*= Valores significativos

V, g.l	Fecha1	Fecha2	Fecha3	Fecha4	Fecha5	Fecha6
Fecha 1		0.0000040	0.0000567	0.0000142	0.0000084	0.0000363
Fecha 2	83.69293164		0.0000335	0.0000041	0.0000445	0.0000183
Fecha 3	20.91093171	12.57216697		0.0000569	0.0000445	0.0000961
Fecha 4	108.1105791	49.27795064	20.69683511		0.0000084	0.0000364
Fecha 5	148.2985387	5339.956112	16.66644836	92.74618589		0.0000267
Fecha 6	130.7268018	158.2058779	33.2086979	116.643621	112.3284341	

Cuadro. 11 Grados de libertad para la prueba de “t” de las distintas fechas de colecta en

El Bondho, Hgo.

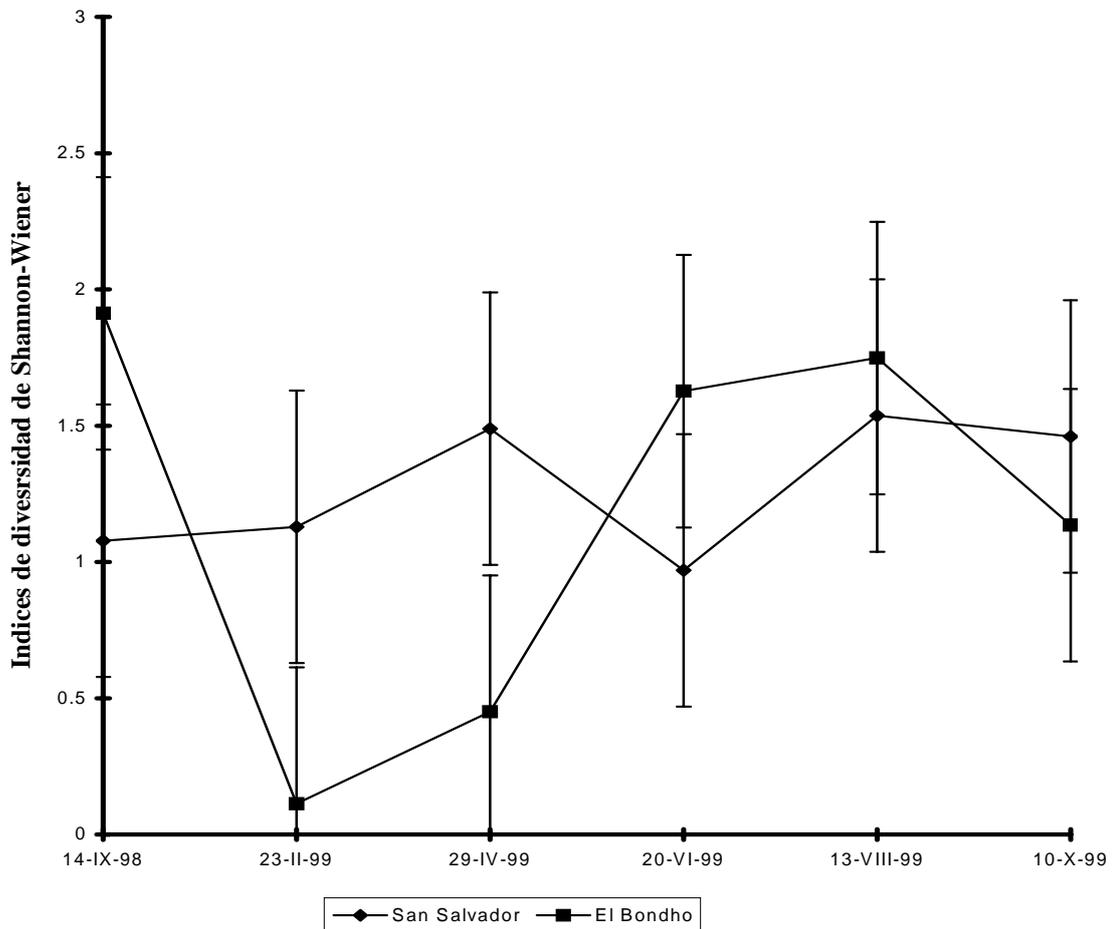


Figura 10. Variación estacional anual de diversidad de oribátidos edáficos en dos parcelas sujetas a riego contrastante: San Salvador (Agua residuales) y El Bondho (Agua de Pozo), Hgo.

El índice de Equitatividad de Pielou obtenido fue también mayor en San Salvador que en El Bondho. En cambio, el índice de dominancia de Simpson fue más alto en El Bondho que en San Salvador (Cuadro12).

Cuadro 12. Índices de diversidad, de equitatividad, y de Simpson en dos parcelas con riego contrastante en San Salvador, Hgo.

Índice	San Salvador (Aguas residuales)	El Bondho (Aguas de pozo)
Shannon-Wiener (H')	1.064	1.092
Pielou (J)	0.569	0.414
Simpson (λ)	0.286	0.558

El Coeficiente de Similitud de Sorensen global anual, fue de 75%

También se calculó el Coeficiente de Similitud de Sorensen por fechas de colecta obteniéndose los resultados que se presentan en la figura 11. Los valores más altos se presentan en diciembre y agosto que son los meses en que comparten el mayor número de especies, mientras que el más bajo fue en febrero.

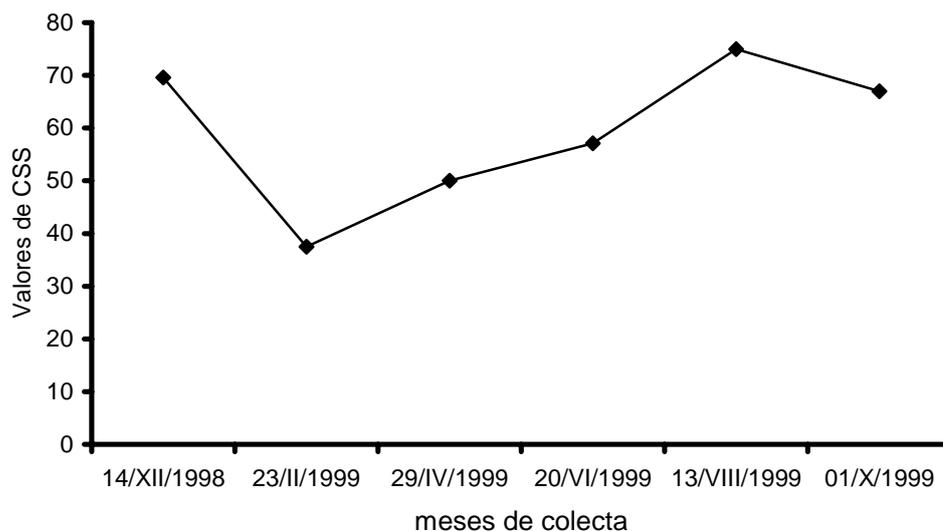


Fig. 11. Coeficiente de Similitud de Sorensen por fechas de colecta entre San Salvador y El Bondho, Hgo.

V. 5. Factores fisicoquímicos y su relación con los oribátidos

Los promedios anuales de los cationes intercambiables, así como el pH, la C.E. la M.O. y la Porosidad de las localidades de San Salvador y El Bondho se presentan en los cuadros 13 y 14 y puede apreciarse que los valores de los cationes intercambiables, a excepción del calcio en el mes de abril, siempre fueron más altos en El Bondho. Con la conductividad eléctrica los valores fueron de igual forma más altos en esta última localidad con excepción del mes de febrero donde no hubo diferencia. Los valores del pH también fueron más altos en El Bondho en casi una unidad, sin embargo, la porosidad y la materia orgánica no muestran diferencias.

Cuadro 13. Promedios de parámetros edafológicos en San Salvador, Hgo.

	<i>Cationes intercambiables</i>							
	Mg	Ca	K	Na	pH	C. E.	M. O.	Porosidad
Meses	meq/100g				Kcl	ds/m	%	%
Diciembre	21.7	16.5	2.6	1.9	6.9	1.2	2.2	46.9
Febrero	14.1	26.6	5.7	3.4	6.7	2.3	2.8	47.8
Abril	20.0	18.2	2.6	2.4	6.2	2.5	2.8	52.1
Junio	22.1	12.6	2.9	2.9	6.3	2.6	1.8	48.4
Agosto	26.6	14.1	2.2	2.6	6.5	2.3	1.6	50.9
Octubre	33.8	13.2	2.8	3.0	6.8	1.9	2.8	49.9

Cuadro 14. Promedios de parámetros edafológicos en El Bondho, Hgo.

	<i>Cationes intercambiables</i>							
	Mg	Ca	K	Na	pH	C. E.	M. O.	Porosidad
Meses	meq/100g					ds/m	%	%
Diciembre	36.2	19.5	5.4	3.1	7.9	1.6	3.6	46.9
Febrero	21.8	47.6	9.8	6.3	7.5	2.3	2.6	51.1
Abril	43.2	17.3	3.8	4.4	7.3	4.5	2.7	50.7
Junio	50.4	16.8	7.2	5.1	7.6	3.6	1.8	49.1
Agosto	59.9	18.2	3.6	4.7	7.7	3.3	1.7	52.3
Octubre	54.4	18.8	3.6	3.0	7.3	2.6	2.7	50.9

V. 6. Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza de dos vías (ANDEVA) comparando la localidad, la fecha y la interacción entre ambas con pH, la conductividad eléctrica, el magnesio, el calcio, el potasio, y el sodio intercambiables, la porosidad (%), y la materia orgánica demostró lo siguiente:

Hubo un efecto significativo de la localidad, la fecha y la interacción en los valores de pH, la Conductividad eléctrica, y el contenido de Potasio (Cuadro 15).

Las especies *Brachioppia* sp. *Z. bonairensis*, *Setobates* sp., *Hypochthonius* sp. *Lohmannia banksi*, *Allonothrus* sp., *Rostrozetes* sp. *Galumna* sp. y *Ceratozetes* sp. no presentaron efecto significativo de ningún parámetro sobre su abundancia. Las especies *Ramusella* sp., *Scheloribates* sp. y *Tectocephus* sp. mostraron efecto significativo cuando se les relacionó con la localidad, la fecha y la interacción entre ambas (Cuadro 16).

Cuadro 15. Valores de F del ANDEVA para determinar el efecto de la localidad y fecha sobre el pH, CE, Cationes Intercambiables, Porosidad y Materia Orgánica en San Salvador, Hgo. g.l = 1,108 en todos los casos

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

	localidad	Fecha	Fecha X localidad
pHKCl	F= 14.46***	F= 22.29 ***	F=5.86***
CE	F= 44.73***	F= 33.37 ***	F=3.04 ***
Mg	F= 23.63***	F= 81.34***	F=1.07 P= 0.38
K	F=98.03***	F=16.19***	F=4.81***
Ca	F=13.09***	F=39.47***	F=1.16 P= 0.33
Na	F=47.07***	F=16.31***	F=1.16 P=0.33
Porosidad	F=6,22**	F=10.30***	F=1.26 P=0.28
MO.	F=4.12*	F= 3.27 **	F=0.64 P=0.66

Cuadro 16. Valores de F del ANDEVA para determinar el efecto de la fecha, la localidad e interacción entre ambas, con las distintas especies de oribátidos en San Salvador, Hgo. g.l.= 1,108 en todos los casos

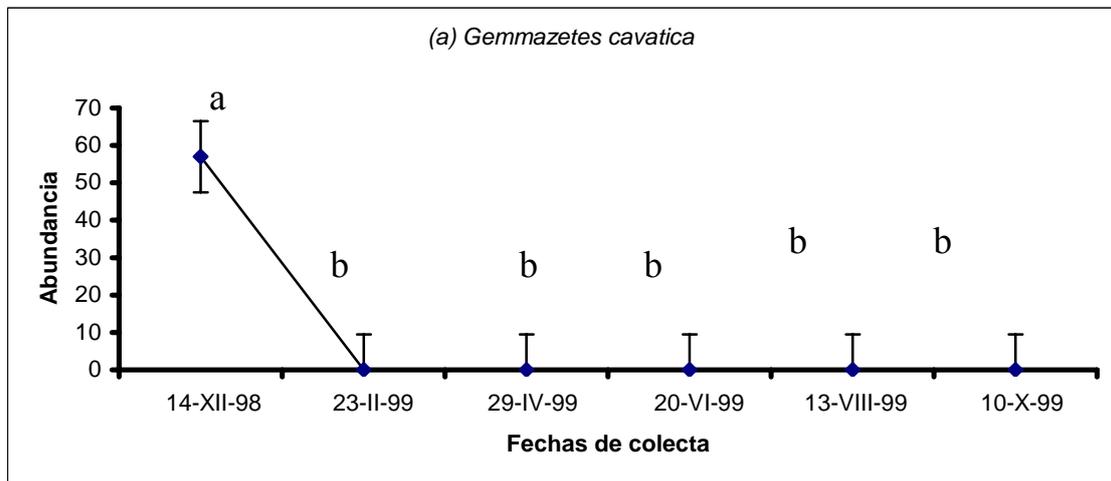
* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

	Localidad	Fecha	L X F
<i>Gemmazetes cavatica</i>	-	F(5,108)=2.748 **	-
<i>Oppiella nova</i>	F(1,108)=11.550 ***	F(5,108)=9.815 ***	F(5,108)=5.809 ***
<i>Ramusella</i> sp.	F(1,108)=23.256 ***	F(5,108)=7.224 ***	F(5,108)=6.343 ***
<i>Brachioppia</i> sp.	-	-	-
<i>Micropoppia</i> sp.	F(1,108)=10.005*	F(5,108)=2.866*	F(5,108)=2.866*
<i>Zygoribatula connexa</i>	F(1,108)=17.337***	F(5,108)=24.072 ***	F(5,108)=22.999***
<i>Z. bonairensis</i>	-	-	-
<i>Epilohmannia pallida</i>	F(1,108)=13.210***	-	-
<i>Carabodes ecuadoriensis</i>	-	F(5,108)=3.857**	F(5,108)=3.857**
<i>Rhysotritia ardua</i>	-	F(5,108)=2.471*	F(5,108)=2.468*
<i>Scheloribates</i> sp.	F(1,108)=13.847 ***	F(5,108)=5.393***	F(5,108)=4.667***
<i>Setobates</i> sp.	-	-	-
<i>Xylobates</i> sp.	F(1,108)=9.619 **	F(5,108)=2.821*	F(5,108)=2.791*
<i>Hypochthonius</i> sp.	-	-	-
<i>Lohmannia banksi</i>	-	-	-
<i>Allonothrus</i> sp.	-	-	-
<i>Rostrozetes</i> sp.	-	-	-
<i>Tectocepheus elegans</i>	F(1,108)=46.392***	F(5,108)=19.397***	F(5,108)=1.009***
<i>Galumna</i> sp.	-	-	-
<i>Ceratozetes</i> sp.	-	-	-

Gemmazetes cavatica mostró efecto significativo por fecha de colecta en el mes de diciembre, mientras que *Oppiella nova* y *Ramusella* sp. mostraron efecto significativo por fecha en el mes de junio y octubre, respectivamente (Fig. 12 a, b, c).

Las especies *Microppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis* y *Rhysotritia ardua* mostraron efecto por fecha en los meses de agosto y octubre para la primera especie y en diciembre y octubre, para las dos últimas especies, respectivamente (Fig. 13 a,b,c)

Por su parte *Scheloriptes* sp., *Zygoribaula connexa* y *Xylobates* sp. mostraron efecto por fechas en diciembre, febrero y octubre, respectivamente (Fig. 14 a,b,c). *T. elegans* mostró efecto en el mes de diciembre (Fig. 15).



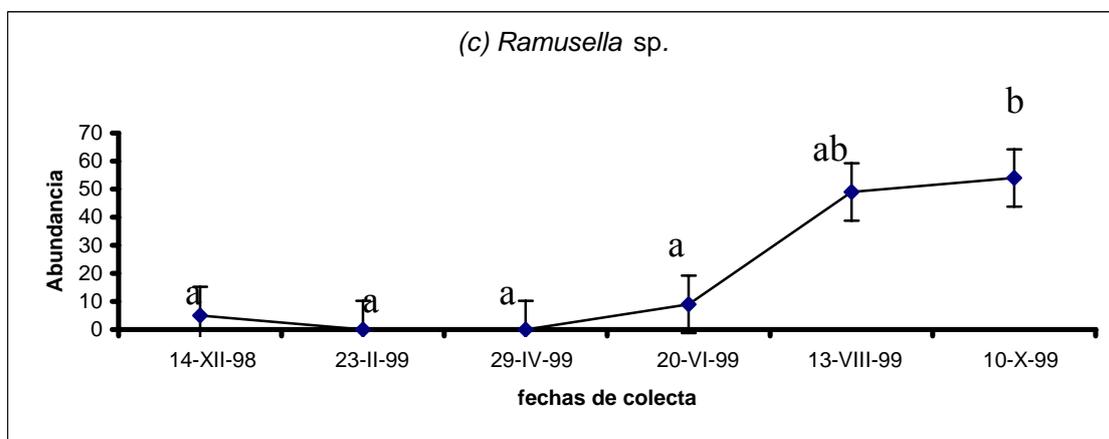
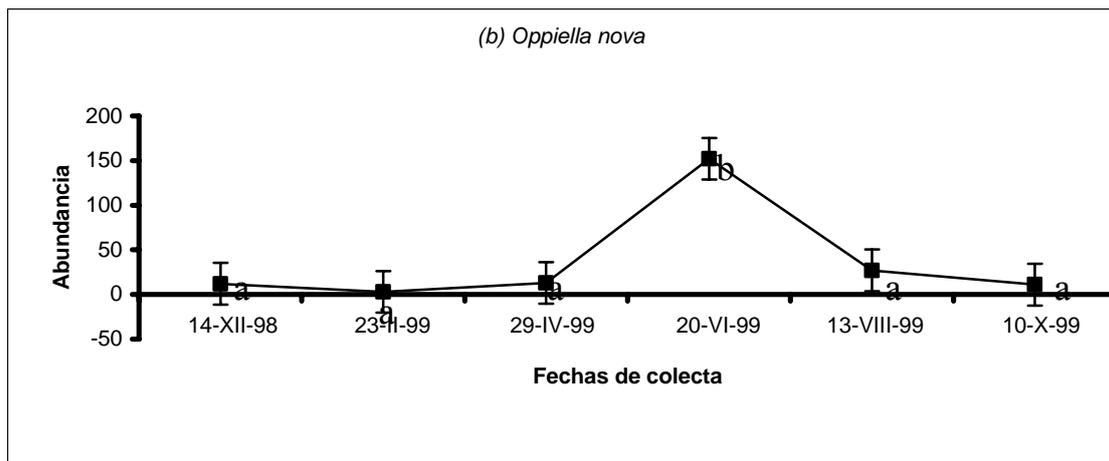
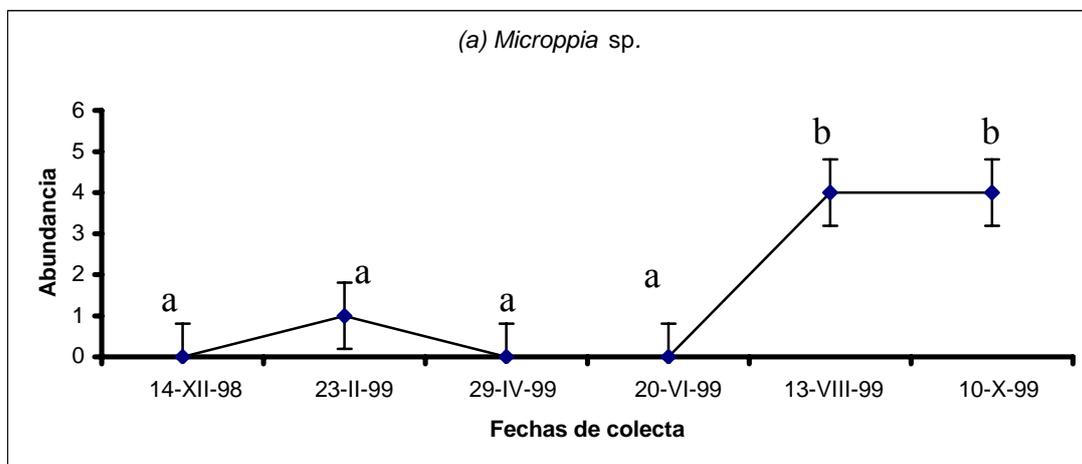


Fig.12 a, b, c. Abundancias absolutas en las distintas fechas de colecta de *Gemmazetes cavatica*, *Oppiella nova* y *Ramusella* sp. (las diferencias significativas se dan con letras distintas por medio de la prueba de Tukey) (Ver cuadro 16 para los valores de F y p).



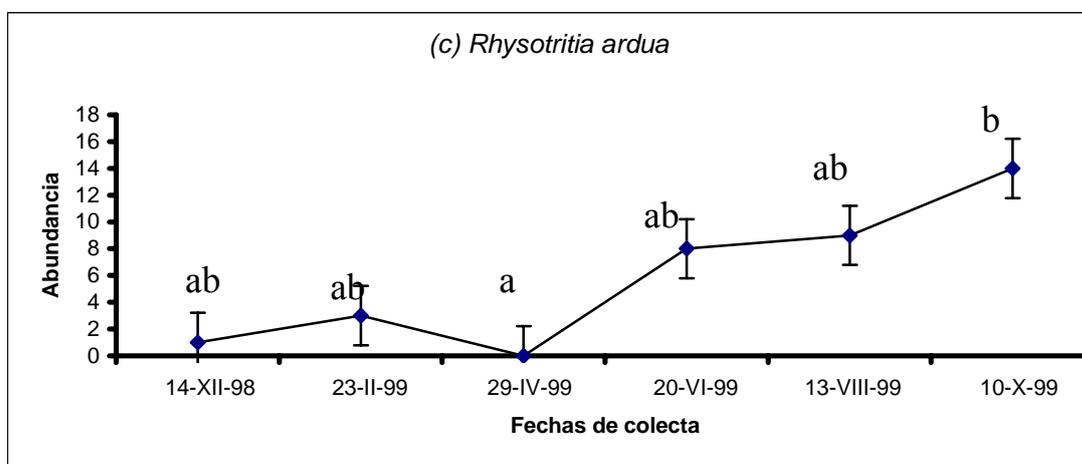
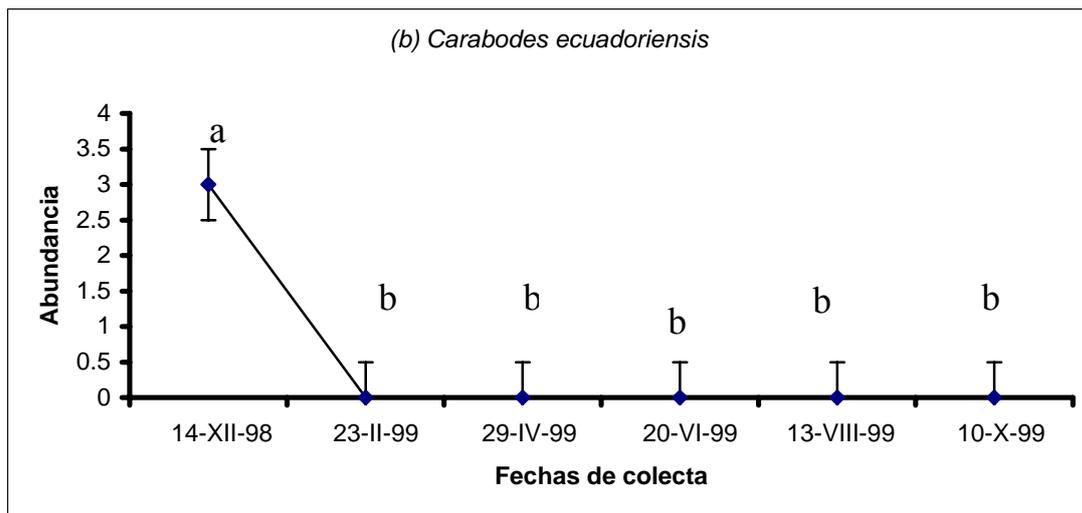


Fig. 13 a, b, c. Abundancias absolutas en las distintas fechas de colecta de *Microppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis* y *Rhysotritia ardua*. (Las diferencias significativas se dan con letras distintas por medio de la prueba de Tukey) (Ver cuadro 16 para los valores de F y p).

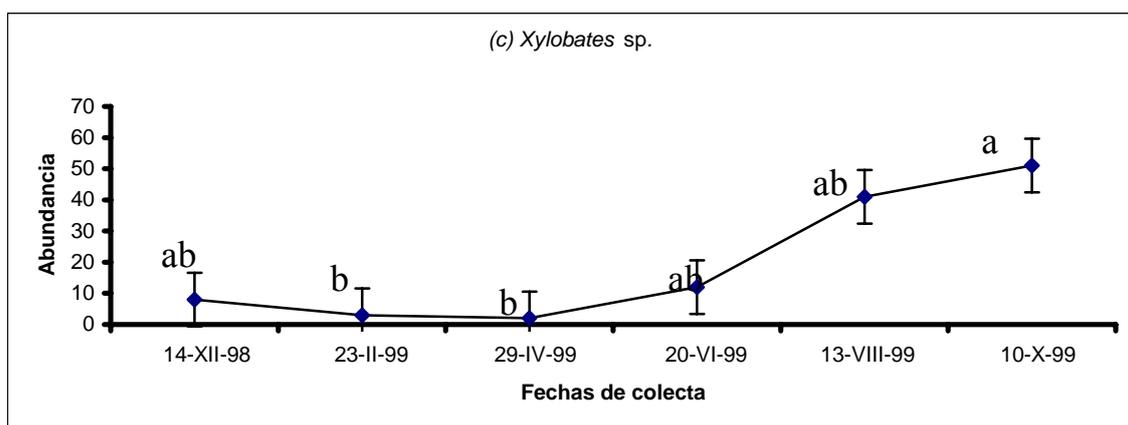
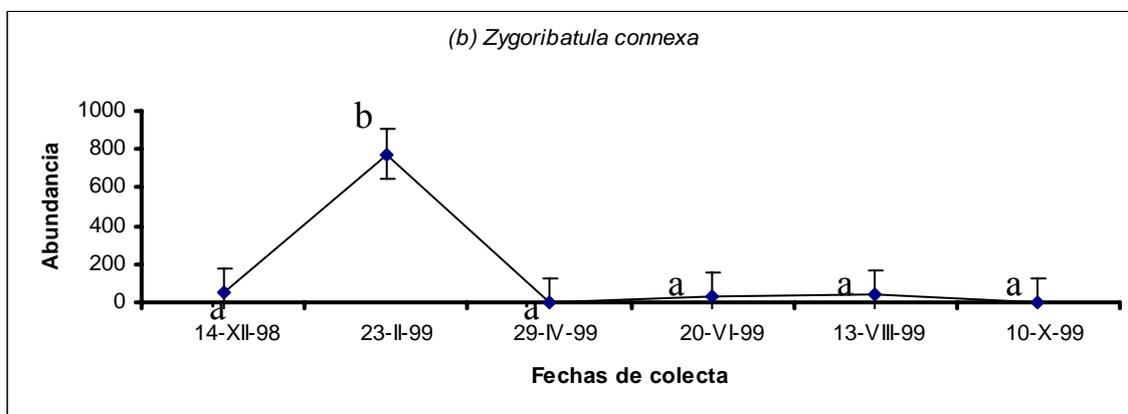
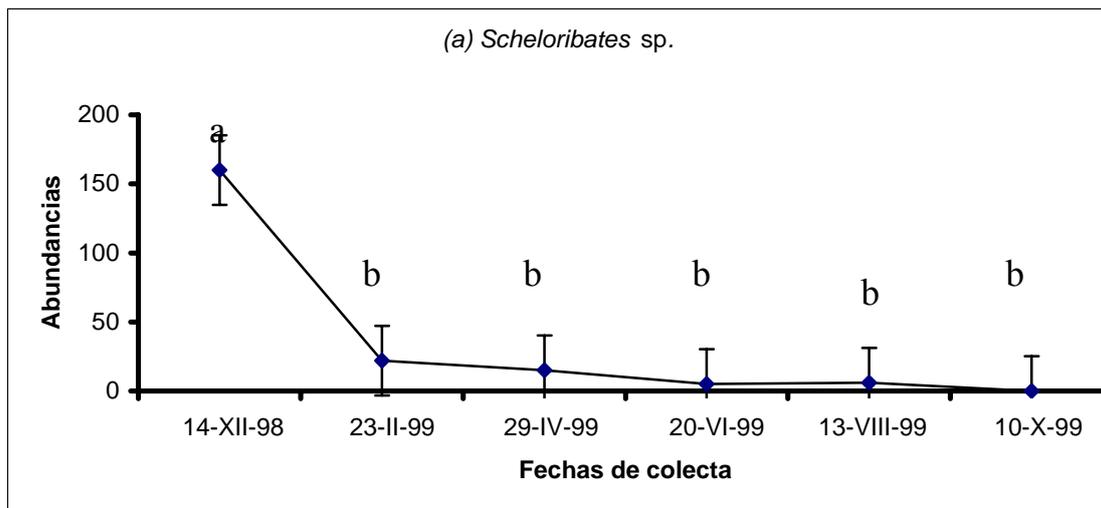


Fig.14 a,b,c. Abundancias absolutas en las distintas fechas de colecta de *Scheloribates* sp., *Zygoribatula connexa* y *Xylobates* sp. (Las diferencias significativas se dan con letras distintas por medio de la prueba de Tukey) (Ver cuadro 16 para los valores de F y p).

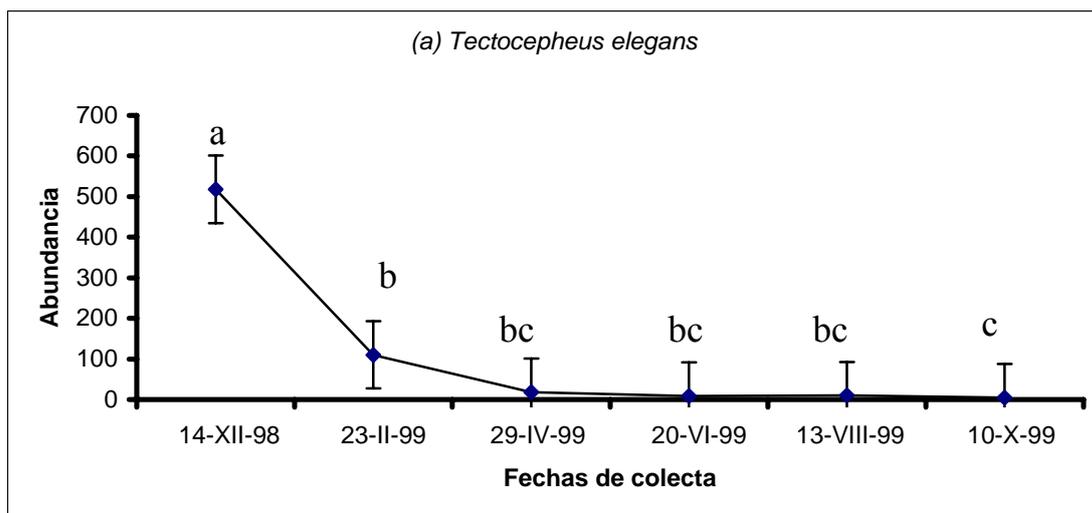


Fig. 15. Abundancias absolutas en las distintas fechas de colecta de *Tectocepheus elegans*. (Las diferencias significativas se dan con letras distintas por medio de la prueba de Tukey) (Ver cuadro 16 para los valores de F y p).

V.6.1. Efecto de metales pesados, en la diversidad y la abundancia de los oribátidos. Si bien es cierto que la concentración de diversos metales pesados fue mayor en la localidad regada con aguas residuales y quizás en algunas ocasiones alcanzaron niveles tóxicos en ciertas especies de microartrópodos, para el caso particular de los ácaros oribátidos como *Tectocepheus elegans*, *Oppiella nova*, *Scheloribates* sp., *Gemmazetes cavatica* y *Xylobates* sp. incrementaron sus densidades poblacionales, inclusive hasta en más de un 1,000 por ciento, en algunas especies, con respecto a las que se registraron en la parcela de El Bondho. Se puede notar claramente que no les afectó de manera negativa, más bien todo lo contrario, pareciera que las concentraciones de ciertos metales registradas en San Salvador les favoreciera en su abundancia.

La densidad de dichas poblaciones fue disminuyendo de manera paralela a la disminución en la concentración de los metales pesados en las parcelas, progresivamente hasta los meses de agosto y octubre (Fig. 9, cuadros 17 y 18).

Cuadro 17. Valores promedio de metales pesados en suelo de San Salvador, Hgo.

	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr	Cd.	Ni	Pb
(miligramos)								
Dic.	12.5	10.5	3.4	17.4	0.1	0.4	2.1	5.9
Feb.	7.1	8.2	23.9	13.9	0.1	0.4	1.6	5.0
Abril	4.4	2.1	7.6	30.1	0.0	0.2	1.5	1.6
jun	3.8	2.2	6.7	11.5	0.0	0.1	1.0	1.5
Agos	3.8	2.5	7.3	10.5	0.0	0.1	1.1	1.1
oct	3.0	1.8	6.3	2.2	0.0	0.1	0.7	1.2
Prom anual	5.76	4.55	9.2	14.26	0.03	0.21	1.33	2.71

Cuadro 18. Valores promedio de metales pesados en suelo de El Bondho, Hgo.

	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr	Cd.	Ni	Pb
(Miligramos)								
Dic.	2.9	1.9	2.7	13.9	0.1	0.1	0.5	1.9
Feb.	1.9	1.9	2.4	10.4	0.1	0.1	0.4	1.8
Abril	1.4	0.4	1.1	24.7	0.0	0.0	0.3	0.7
jun	1.0	0.4	0.8	6.3	0.0	0.0	0.2	0.6
Agos	1.0	0.4	0.8	6.4	0.0	0.0	0.2	0.2
oct	1.9	0.7	2.0	18.8	0.0	0.1	0.6	0.6
Prom anual	1.68	0.95	1.63	13.41	0.03	0.05	0.36	0.96

V. 6. 2. *Abundancia de cada especie vs. metales pesados*. El cuadro 19 muestra los coeficientes de regresión múltiple entre los metales pesados y las especies en San Salvador.

Cuadro 19. Coeficiente de regresión entre la densidad de cada especie de oribátido y los factores fisicoquímicos del suelo de San Salvador que mostraron algún tipo de relación.

Especies	Factor ambiental	Coeficiente de regresión	r ²
<i>Zygoribatula connexa</i>	Materia Orgánica	-0.039	0.289
<i>Z. bonairensis</i>	Cr	1.42	0.468
<i>Rhysotritia ardua</i>	Cu	0.512	0.47
	K	-0.3	
	Ni	0.39	
	Mn	-0.75	
<i>Scheloribates</i> sp.	K	-0.33	0.55
<i>Setobates</i> sp.	CE	0.502	0.238
	Cr	0.893	
<i>Xylobates</i> sp.	K	-0.37	0.355
	Pb	0.479	
<i>Hypochthonius</i> sp.	Cd	-0.41	0.232
<i>Lohmannia</i> sp.	Zn	-0.99	0.425
<i>Rostrozetes</i> sp.	Zn	1.05	0.314
	Mg	-0.49	
	Cr	0.925	
<i>Tectocepheus elegans</i>	CE	0.349	0.641
	Zn	-0.96	
	Mn	0.44	
	Cr	0.925	

En San Salvador sólo ocho especies de 18 presentaron algún tipo de correlación. De las tres especies más abundantes sólo *T. elegans* mostró valores significativos positivos con el Mn y Cr y negativo con el Zn. *Rhysotritia ardua* también mostró significancia con el Cu y el Ni, pero con el Mn la correlación fue negativa (cuadro 19).

Cuadro 20. Coeficiente de regresión entre las especies y los factores fisicoquímicos del suelo de El Bondho que mostraron algún tipo de relación

Especies	Factor ambiental	Coeficiente de regresión	r ²
<i>Ramusella</i> sp.	Mg	-0.87	0.482
	Ca	-0.61	
	Porosidad	0.395	
<i>Micropia</i> sp.	Cd	0.587	0.446
<i>Z. bonairensis</i>	K	0.863	0.292
<i>Scheloribates</i> sp.	Mg	0.997	0.246
<i>Allonothrus</i> sp.	Cd	0.473	0.513
	Porosidad	0.373	
<i>Rostrozetes</i> sp.	Ni	0.357	0.245
<i>Tectocephus elegans</i>	Cd	0.505	0.329
	Ni	-0.35	
<i>Ceratozetes</i> sp.	Mn	0.566	0.274

Con relación a la parcela de El Bondho de 14 especies sólo ocho tuvieron valores significativos cuando se les aplicó la regresión múltiple. La especie más abundante de la localidad *Z. connexa* no estuvo correlacionada con ningún metal pesado, lo cual resulta lógico ya que en esta parcela hubo menor concentración de tales elementos Cuadro 20.

V. 6. 3. *Abundancia total vs. metales pesados.* Al comparar la abundancia total de oribátidos con los metales hierro, cobre, zinc, cromo y cadmio, de manera independiente, se obtuvo una relación positiva entre ellos: 0.349, 0.370, 0.353, 0.503 y 0.358, respectivamente. Con los metales níquel y manganeso no se presentó ningún tipo de relación. Como puede notarse es distinta la relación que se obtiene cuando se compara cada una de las especies con todos los metales, que cuando se compara la abundancia total con cada uno de los metales.

V. 6. 4. *Efecto del pH.* A pesar de que estadísticamente no hubo diferencias significativas cuando se aplicó la regresión múltiple entre el factor pH frente a las especies (Cuadros 19 y 20). Este factor puede, también, estar determinando las abundancias en las poblaciones de los oribátidos. De este modo se observa que en San Salvador el pH fluctuó entre 6.2 y 6.9, mientras que en El Bondho el pH varió entre 7.3 y 7.9 (Fig. 16). En el primer caso las especies *Tectocephus elegans*, *Schelorbates* sp. y *Oppiella nova*, en este orden de importancia, tuvieron una abundancia mayor a un pH ligeramente más ácido. En el segundo sitio, las especies *Zygoribatula connexa* y *Ramusella* sp. fueron las que dominaron, por lo que se puede pensar que muestran cierta preferencia por este tipo de ambiente ligeramente alcalino (Cuadro 3 y 4) .

El valor más alto del pH en San Salvador se registró en el mes de diciembre (6.9), mientras que el más bajo se presentó en el mes de abril (6.2). En la figura 16 se aprecia claramente que los valores van descendiendo paulatinamente, desde diciembre, el pico más alto, hasta abril, que presenta el valor más bajo, y después vuelve a subir, gradualmente, hasta llegar a un valor de 6.8 en el mes de octubre.

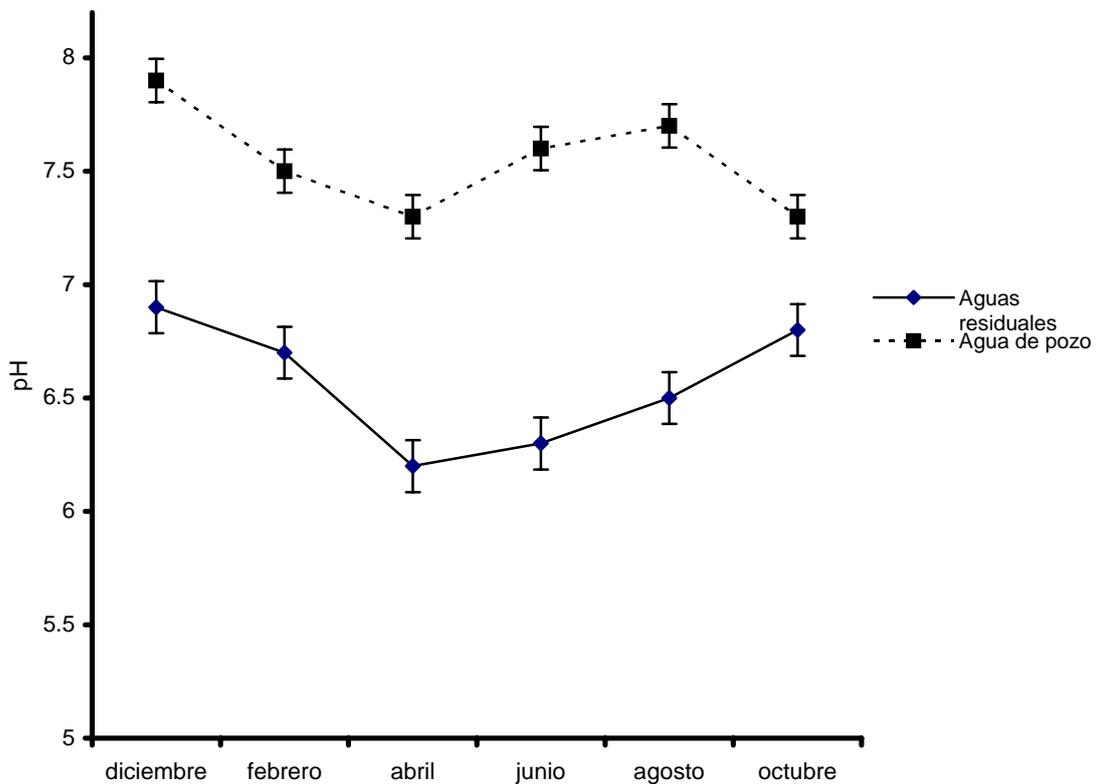


Figura 16. Valores promedio del pH del suelo de San Salvador y El Bondho, Hgo.

Al comparar las abundancias de oribátidos por fechas de colecta en San Salvador, podemos observar que sigue un comportamiento muy semejante a la variación del pH en esta misma localidad; esto es, en el mes de diciembre se presentó el pico máximo en la densidad con un valor de 8263 ind/m², luego descendió a 1653 en la siguiente fecha y baja hasta 421 en abril, que es justamente la fecha donde se registró la menor abundancia; para junio sube a 2010 y luego baja a 863 en agosto y vuelve a subir ligeramente en la última fecha de muestreo con 947 ind/m² (Fig. 16 y 17, cuadro 3).

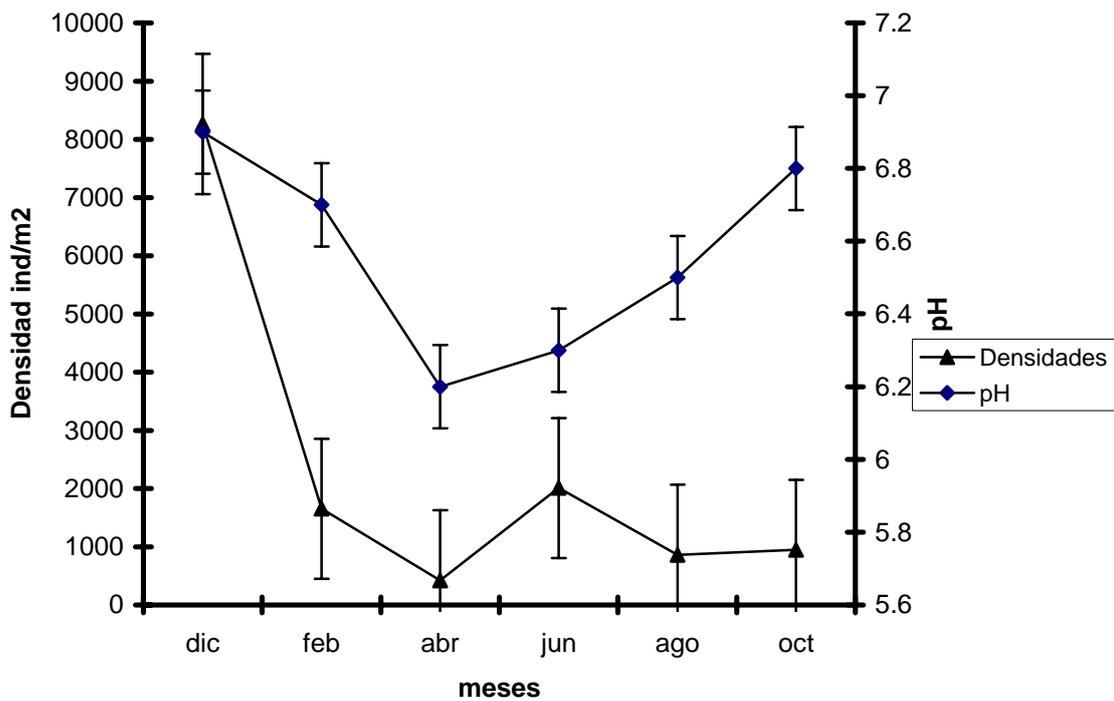


Fig. 17. Variación del pH y la densidad en San Salvador, Hgo. regada con aguas residuales

A diferencia de lo que ocurrió en San Salvador, en El Bondho, no es clara la gradación y se obtuvo una densidad de 768 ind/m², mientras que el pico máximo en la abundancia en esta última localidad se registró en el mes de febrero con un valor de 8158, luego bajó bruscamente hasta 126 en abril, fecha donde se obtiene la menor abundancia, para luego verse incrementado a 453 en junio y continuar subiendo significativamente en agosto al registrarse una densidad de 1316 y finalmente bajar a 789 ind/m² en la última fecha en octubre. El mes de diciembre de 1998 presentó una

densidad muy similar a la registrada en octubre (Cuadro 4). Para esta localidad la densidad de oribátidos no guarda una relación clara con los valores de pH registrados. (Figuras 16 y 18).

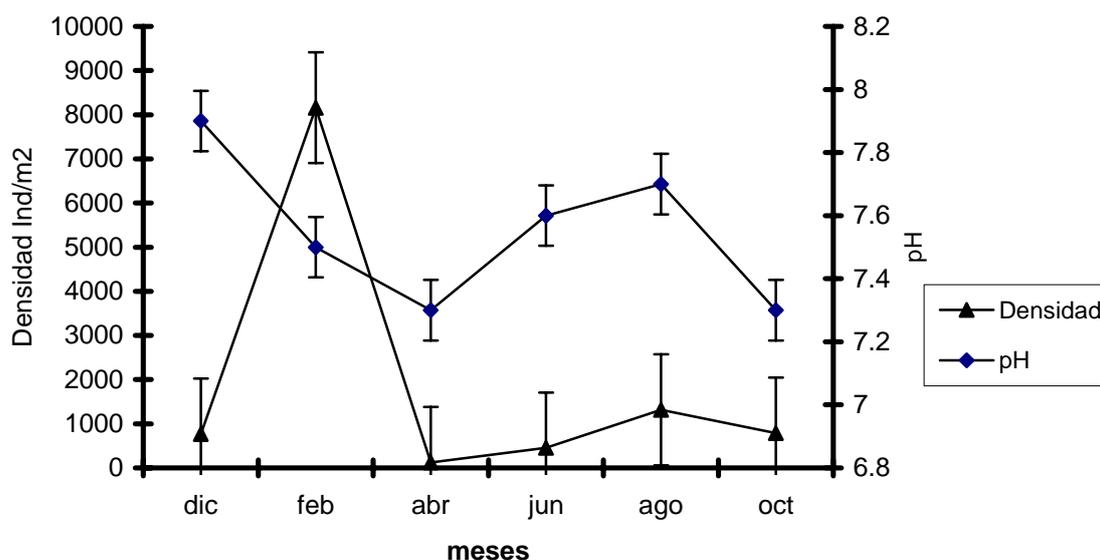


Fig. 18. Variación del pH y la densidad en El Bondho, Hgo. regada con aguas de pozo

V.6.5. *Efecto de la materia orgánica.* Con respecto a la materia orgánica, los análisis edafológicos muestran que el porcentaje de este parámetro en El Bondho fue ligeramente mayor que el registrado en San Salvador (Fig. 19), con una media anual de 2.5 y 2.3, respectivamente (Contreras, 2001). Este resultado no corresponde a lo esperado, ya que en San Salvador la parcela fue regada con aguas residuales y se suponía que éstas contendrían una mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica. Lo anterior puede ser atribuido a que la parcela de El Bondho fue abonado periódicamente con estiércol de ganado haciendo que la concentración de la materia

orgánica fuera similar a la de San Salvador y eventualmente en alguna fecha (diciembre) la concentración superara a la de esta última localidad.

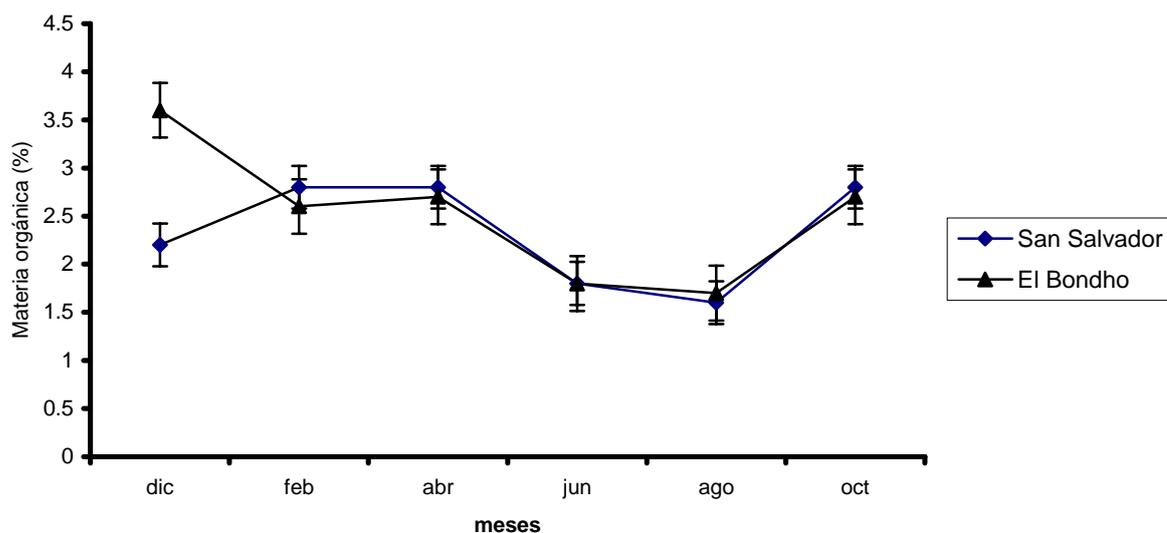


Fig. 19. Variación de la materia orgánica regada con aguas residuales (San Salvador) y con agua de pozo (El Bondho)

Al realizar la regresión múltiple con la materia orgánica de San Salvador sólo *Z. connexa* mostró una relación significativa, con un valor de -0.039 (Cuadro 19). El resto de las especies no exhibieron una aparente relación significativa con dicho parámetro edáfico.

V.6.6. *Abundancia vs. cationes intercambiables.* En San Salvador sólo *R. ardua*, *Schelorbates* sp. *Xylobates* sp. y *Rostrozetes* sp. mostraron algún tipo de relación con el potasio y magnesio. Con el Na y el Ca no hubo relación alguna (Cuadro 19).

Con relación a El Bondho las especies *Ramusella* sp., *Z. bonairensis* y *Scheloribates* sp. fueron las únicas que mostraron relación con el Mg, el Ca y el K (Cuadro 20).

V. 6. 7. *Porosidad*. Con respecto a la porosidad esta estuvo relacionada de manera positiva únicamente con las especies *Ramusella* sp. (0.395) y *Allonothrus* sp. (0.373) (Fig. 20). Lo anterior puede deberse a que este factor del suelo fue similar en ambas parcelas, durante todo el año, encontrándose valores cercanos al 50%, considerado como el óptimo para el desarrollo de los microartrópodos (Contreras, 2001).

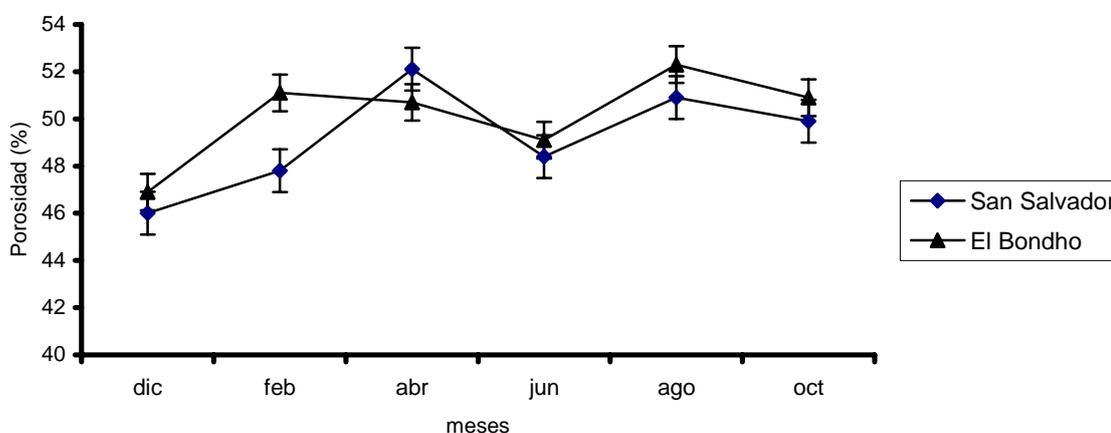


Fig. 20. Variación de la porosidad en San Salvador (Aguas residuales) y El Bondho (Aguas de pozo)

V.6.8. *Conductividad eléctrica*. Este factor fisicoquímico estuvo relacionado positivamente con *Setobates* sp. (0.502) y *T. elegans* (0.349) en la localidad de San Salvador. En El Bondho la CE no estuvo relacionada con ninguna especie (Fig.21).

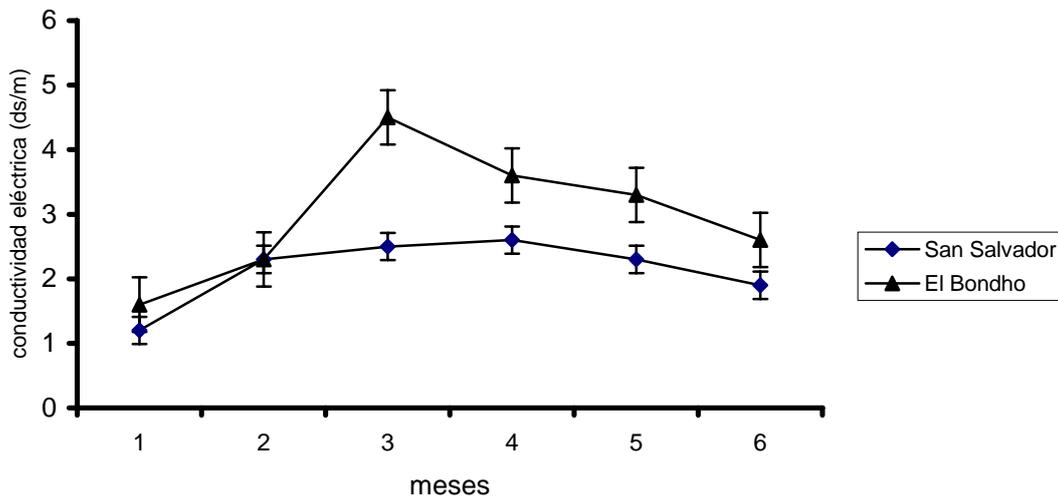


Fig. 21. Variación de la CE en suelo de San Salvador regada con aguas residuales y El Bondho regada con agua de pozo

VI. DISCUSIÓN GENERAL

VI. 1. Contribución taxonómica al conocimiento de Oribatida en México.

Palacios-Vargas e Iglesias (2004), habían registrado 27 spp. para el Estado de Hidalgo. Con el presente trabajo, se está contribuyendo con 12 especies más para dar un total de 39. El porcentaje con el cual se está contribuyendo es equivalente al 31%, lo cual es altamente significativo si se considera que para dicha región era muy escaso el conocimiento taxonómico de los ácaros oribátidos, comparado con otros estados de la República Mexicana como pueden ser, por ejemplo, el Estado de México (Palacios-

Vargas, 1985), Veracruz (Palacios-Vargas, 1994) o Quintana Roo (Vázquez, 1999), donde el número de registros que se tiene de cada uno de ellos es bastante más elevado.

Los registros nuevos de esta investigación para el estado de Hidalgo son los siguientes: *Gemmazetes cavatica*, *Brachioppia* sp., *Microppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis*, *Rhysotritia ardua* sp., *Setobates* sp., *Xylobates* sp., *Hypochthonius* sp., *Lohmannia banksi*., *Allonothrus* sp., *Zygoribatula connexa* y *Galumna* sp. Las especies *Gemmazetes cavatica*, *Brachioppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis*, *Zygoribatula connexa* y *Setobates* sp. son, además, registros nuevos para el país (Cuadro 2).

VI. 2. Abundancia y diversidad de Oribatida

De los cuatro órdenes de ácaros registrados en ambas parcelas los Prostigmata siempre fueron más abundantes tanto en El Bondho como en San Salvador (Cuadro 1). Esta situación podría ser explicada si se considera que los Prostigmata tienen bajos requerimientos de humedad del suelo y materia orgánica (Wardle, 1995). Asimismo, parecen ser más resistentes que los oribátidos a ciertos contaminantes como pueden ser los metales pesados (Haimi y Pietikâinen, 1996).

Las abundancias de las poblaciones de oribátidos y de los organismos de un suelo, en general, dependen de las condiciones climáticas, de los animales de su entorno inmediato, así como de las estaciones del año en que se cultiven los terrenos (Tischler, 1955). Además, el tipo de cubierta vegetal y la hojarasca resultante, así como las prácticas agrícolas, el uso de plaguicidas, de fertilizantes, entre otros factores

modifican de manera negativa, la abundancia y la distribución de las especies, así como su composición (Minor *et al.*, 2004; Badejo y Ola-Adams, 2000)

Al analizar los resultados de las primeras dos fechas de colecta, diciembre y febrero, en ambas localidades, se desprende que en la localidad de San Salvador, sólo de cuatro especies, *Gemmazetes cavatica*, *Zygoribatula connexa*, *Schelorbates* sp. y *Tectocephus elegans* representaron 67 % del total de organismos colectados en todo el año. Algo similar sucedió en la localidad de El Bondho para los mismos meses, diciembre y febrero, las mismas especies representaron 72% del total de organismos colectados. Sin embargo, puede apreciarse también, que son sólo dos las especies que predominan y aportan el mayor número de organismos, una en cada localidad y fecha, *T. elegans* en diciembre en San Salvador (518 organismos) y *Z. connexa* en febrero de 1999 en El Bondho, con 762 individuos (Cuadros 3-4).

De acuerdo con Ojeda (1989) quien trabajó en un pastizal en el Estado de México y Hubert (2000) en la República Checa, ambas especies, *T. elegans* y *Z. connexa*, reflejan un alto grado de agregación y una muy marcada estacionalidad, ya que para la primera especie se cuantificaron alrededor de 70 % del total de organismos en tan sólo cinco muestras, cuatro en diciembre y una en febrero. Lo mismo ocurrió para la segunda especie, en el mes de febrero, donde sólo de seis muestras estuvieron representados el 70% del total de organismos. La similitud puede deberse a que ambas zonas de estudio han sido perturbadas por el pastizal en una y por el uso agrícola, regada con aguas residuales, en la otra.

En el presente trabajo *Zygoribatula connexa* fue la especie que estuvo mejor representada pues su población ascendió a 37 % del total de oribátidos colectados en ambas parcelas. En los resultados obtenidos en el trabajo de Ojeda (1989) ocurrió algo similar, ya que una especie del género *Zygoribatula* presentó la más alta densidad en un suelo perturbado por el establecimiento de un pastizal en Jalatlaco, Estado de México. . También ha sido reportada de suelos xéricos (Wallwork,1971).

Se puede notar, por lo tanto, que son dos las especies, una en cada localidad, las que están afectando las abundancias, de manera contundente, *Tectocepheus elegans* en San Salvador y *Zygoribatula connexa* en El Bondho (Cuadros 3 y 4). Sin embargo, si no se toman en cuenta las abundancias de dichas especies la estructura de la comunidad de los oribátidos en ambas parcelas resulta muy diferente ya que la abundancia de los oribátidos no dominantes en San Salvador es de 694, mientras que en El Bondho es de 289 oribátidos, reflejando, por tanto, marcadas diferencias en las abundancias de las especies no dominantes ya que en San Salvador es 2.4 veces mayor la población que en El Bondho y entonces se podría pensar que sí existe un efecto positivo de las aguas residuales (metales pesados) sobre la comunidad de oribátidos en la parcela de San Salvador. La abundancia de *Tectocepheus elegans* como especie dominante en San Salvador estaría enmascarando el efecto positivo de los metales en San Salvador.

VI. 3. Distribución de Oribatida

Scheloribates ha sido citada de ambientes contaminados con metales pesados o tiraderos metalúrgicos (Al-Assiuty *et al.*, 2000; Skubala, 1995). Este género, es también reportado de suelos de cultivo de maíz en Italia por Mahunka y Paoletti, (1984);

Zygoribatula connexa y *Tectocephus elegans* son registrados en suelos agrícolas por (Subias *et al.*, 1986; Fujikawa, 1995, 1999; Mahunka y Paoletti, 1984) al igual como ocurrió en la presente investigación.

Al buscar en la bibliografía no se encontró referencia alguna sobre la presencia de *Gemmazetes cavatica* en este tipo de ambiente, aunque autores como Lúptácik y Miko (2003) la señalan como especie muy frecuente y abundante en cuevas de Eslovaquia. El tipo de comportamiento de la especie nos sugiere que es de reproducción anual y que requiere de condiciones ecológicas muy especiales (Wallwork *et al.* 1986). Es importante mencionar que diciembre de 1998 fue el mes más frío de ese año (10.8 °C) en promedio, con 0.0 mm. de precipitación (Fig. 1) y 22 días con heladas (cuadro 21), lo que confirma su alta tolerancia a condiciones extremas

Microppia sp. fue reportada fundamentalmente en los meses de agosto y octubre. Un representante de este género ha sido citado en suelos de pradera de España (Saloña e Iturrondobeitia, 1990).

Rhysotritia ardua Esta especie es reportada por Aoki *et al.* (1977) y por Ojeda (1983) como una de las especies más comunes a todos los ambientes, pero fundamentalmente en suelos perturbados . Otro representante de este género es citado de suelos agrícolas en España (Subias *et al.*, 1986).

Rostrozetes sp. es común encontrarla tanto en ambientes terrestres, como en los cavernícolas (Hoffmann *et al.*, 1986; Bernal e Iglesias, 2004).

Galumna sp. junto con *T. elegans*, *Schelorbates* sp., *Z. connexa*, *E. pallida*, *R. ardua* y *Ceratozetes* han sido registradas además de un cultivo de maíz en suelos de Italia (Mahunka y Paoletti , 1984).

Con respecto a la distribución de *Ramusella* sp., otra especie importante en El Bondho, nos podría indicar su preferencia por condiciones de pH mayores a 7 (Fig. 16) y bajos requerimientos de metales pesados, ya que en esta localidad fue muy baja su concentración. Sin embargo, algunos autores como Minor *et al.* (2004) han reportado a representantes de este género como muy abundantes en suelos con relativa elevada concentración de metales pesados.

VI. 4. Variación temporal

Los resultados de abundancia y riqueza obtenidos no concuerdan con los datos de precipitación, ya que fueron en los meses de junio, octubre y noviembre cuando se presentaron los mayores registros de precipitación con respecto a los demás meses (Fig. 1). Sin embargo, dicha estacionalidad tiene sentido, ya que durante los meses de lluvia muchas especies de ácaros ovipositan para que sus crías encuentren y tengan buenas condiciones de humedad y es por ello que en los primeros meses de la época de secas, de diciembre a febrero (Wallwork *et al.* 1986), se hayan reportado mayores abundancias y riqueza específica de oribátidos adultos como en estados inmaduros.

Dentro de la variación estacional el mes de abril fue la fecha donde se obtuvo la menor riqueza y abundancia en ambas localidades (Cuadro 6, Fig. 9). Esto último puede deberse a que en ese mes se registró una precipitación muy baja y fue también donde

se presentó el registro de temperatura más alto (Fig. 1, cuadro 21). Además fue el mes cuando se preparó el suelo y se sembró el maíz.

Cuadro 21 . Temperatura promedio, precipitación y número de días con heladas en la región de San Salvador, Hgo.

	Dic 1998	Feb 1999	Abril 1999	Jun 1999	Ago 1999	Oct 1999
Precip.	0.0	0.0	7.2	79.5	35.7	111.8
Temp. °C	12.1	13.5	17.0	17.3	16.7	13.0
Días con heladas	22	26	5	0	0	6

Se puede apreciar que *Tectocephus* sp. y *Oppiella nova* tuvieron su pico máximo en el mes de diciembre y junio para el caso de San Salvador, respectivamente, aunque en la localidad de El Bondho, estas mismas especies, estuvieron muy pobremente representadas (Cuadro 3 y 4).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo y confrontándolos con los datos climatológicos de la zona estudiada (Fig. 1), se puede inferir que tanto *T. elegans* como *Z. connexa* y *O. nova* son especies capaces de soportar suelos en condiciones adversas como pueden ser bajas temperaturas inclusive por debajo de los cero grados centígrados (-36 C °) (Fujikawa, 1995; Ojeda, 1989). O bien pH altos como es el caso de *Z. connexa* en El Bondho o la presencia en el suelo de altas

concentraciones de metales pesados como ocurrió con *T. elegans* y *O. nova* en San Salvador. Estas pueden ser algunas de las razones por las cuales dichas especies presentaron altas abundancias. Se puede observar que en los meses de diciembre de 1998 y febrero de 1999 fueron donde se presentaron el mayor número de heladas, 22 y 26, respectivamente (cuadro 21), coincidiendo con las máximas abundancias de dichas especies (cuadros 3 y 4).

VI. 5. Abundancia de las especies vs. pH.

Los valores de pH en el área de El Bondho variaron entre 7.3 y 7.9 durante toda la colecta, con un promedio de 7.5. Como puede apreciarse en la fig. 16 los valores del pH en El Bondho fueron notablemente más altos que en la localidad de San Salvador, en aproximadamente una unidad (0.9) en las medias anuales. Lo anterior es debido, principalmente a la gran cantidad de sales que contiene el agua con que se riega esa zona, elevando, de esta manera, el pH del suelo (Contreras, 2001).

Estudios realizados en un suelo de bosque de Alemania, establecen que *Tectocephus* sp., así como miembros de la Familia Oppiidae, particularmente *Oppiella nova* no fueron afectados en sus abundancias después de que fue perturbado su suelo (Maraun, *et al.* 2003). Estos mismos autores reconocen que *Tectocephus* sp. ha sido encontrado, abundantemente, en suelos con fuertes perturbaciones, como por ejemplo, pH bajo. Esta última observación viene a resultar congruente con lo que en el presente estudio se obtuvo, ya que en la parcela de San Salvador se presentó el promedio más bajo de pH, con respecto a El Bondho y también fue donde *Tectocephus* sp. mostró su máxima abundancia. Además fue en esta localidad donde se presentó la mayor

diversidad. De acuerdo a este autor, una de las principales razones por las cuales las poblaciones de *Tectocephus* sp. son resistentes a las perturbaciones puede deberse a que su reproducción es de tipo partenogénica y se reproduce con mayor rapidez.

No obstante a la literatura reportada, cuando se realizó la regresión múltiple entre la abundancia de las especies y este parámetro fisicoquímico no se presentó ningún tipo de relación, pareciera que el pH les resultara indiferente, tal vez porque las diferencias no fueron muy grandes.

VI. 6. Abundancia relativa por familias de Oribatida.

El comportamiento de la abundancia relativa de los miembros de las principales familias de Oribatida en San Salvador, en orden decreciente, es como sigue: Tectocephidae (48%), Scheloribatidae (15%), Oppiidae (14), Xylobatidae (8%), Oribatulidae (7%), Thyrisomidae (4 %), otras (4%) (Fig 22).

Las familias más abundantes de la localidad de El Bondho se presentan en el siguiente orden decreciente: Oribatulidae (74%), Oppiidae (15 %), Epilohmanniidae (3 %), Haplozetidae (2%), Tectocephidae (2%), Euphthiracaridae (1 %), otras (3 %) (Fig. 23).

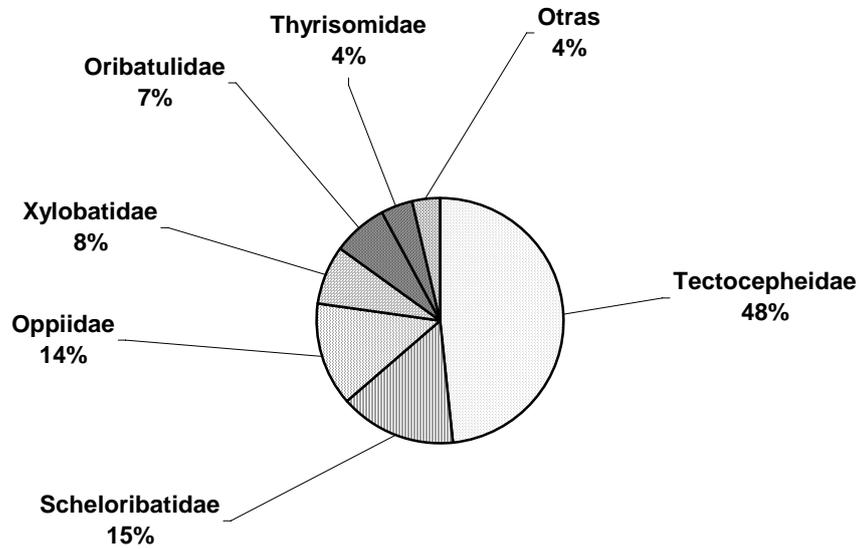


Fig. 22. Abundancia relativa de familias de Oribatida de San Salvador, Hgo.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, al menos con las tres familias a las cuales pertenecen *Oppiella nova*, *Z. connexa* y *T. elegans*, vienen a reafirmar lo reportado por Aoki (1979), quien establece que los miembros de las familias Brachychthoniidae, Oppiidae, Oribatulidae y Tectocepheidae son las más resistentes a las perturbaciones.

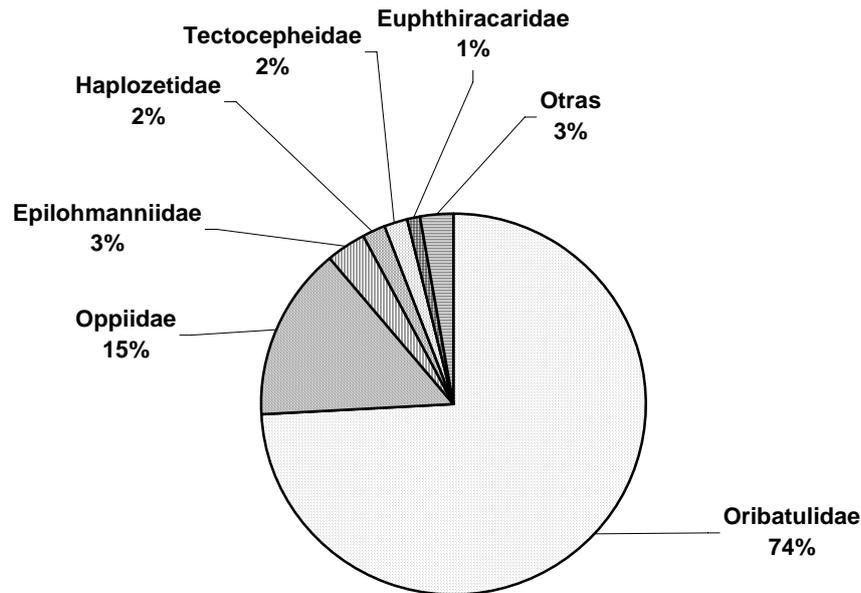


Fig. 23. Abundancia relativa de familias de Oribatida en el Bondho, Hgo.

VI. 7. Efecto de los metales en la abundancia.

Una de las especies de ácaros oribátidos con las que más se ha trabajado en condiciones de laboratorio en las pruebas de toxicidad por metales pesados es *Archeogozetes longisetosus*. Al administrarle en su dieta pequeñas concentraciones de Cu (42-418 mg) incrementó su fertilidad comparado con el grupo control. Concentraciones medias de Cu en el alimento (713-3863 mg) prolongó el tiempo de desarrollo, disminuyó la fertilidad e incrementó la mortalidad de *A. longisetosus* comparado con el grupo control. Una concentración por arriba de 4118 mg de Cu fue letal para *A. longisetosus* (Seniczak *et al.* 1997). Las concentraciones máximas de los metales pesados Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Cd, Ni y Pb en la parcela de San Salvador fueron de 12.5, 10.5, 23.9, 10.1, 0.1, 0.4, 2.1 y 5.9 mg, repectivamente, por lo que resultaba muy difícil que dichas concentraciones

resultaran letales para las especies que ahí se encontraban. En el caso de El Bondho las concentraciones de los metales pesados fueron aún mucho más bajas (Cuadros 17 y 18).

En otro estudio similar de una población de *A. longisetosus* tratado con 1589.7 µg de pb/g y 681.2 µg de cu/g, la fertilidad de los ácaros y el número de adultos nacidos de una hembra fue superior y la mortalidad fue más baja que en el grupo tratado con la concentración más alta de cu y de metales pesados totales. Una concentración de 681.2 µg cobre/g en el alimento contaminado con plomo incrementó su fertilidad, la mortalidad fue más baja y el número de adultos nacidos de una hembra fue más alto que en el grupo tratado con plomo únicamente, sin embargo, concentraciones mayores de cobre al anterior fueron letales para *A. longisetosus* (Seniczak *et al.*, 1999).

Skubala y Kafel (2004) estudiando la bioacumulación de metales en oribátidos a lo largo de un gradiente de metales pesados en ecosistemas forestales encontraron que las concentraciones de zinc y cobre fueron consistentemente superiores en las especies microfitófagas (*Oppiella nova* y *Tectocepheus velatus*) comparado con los panfitófagos (*Oribatula tibialis* y *Pergalumna nervosa*) o el macrofitófago (*Atropacarus striculus*). Al mismo tiempo, los autores de referencia encontraron menor riqueza específica y menor abundancia de oribátidos en el sitio más contaminado, el cual se encontraba más cerca de la fuente de contaminación, sin embargo, las mayores abundancias de oribátidos se presentaron en una zona intermedia, donde la concentración de metales no era tan alta.

Otro estudio realizado por Zaitsev y van Straalen (2001) quienes contaminaron el suelo con zinc, cobre, cadmio, plomo y hierro, provenientes de la planta metalúrgica

Kosogorsky encontraron que las comunidades de ácaros son casi completamente tolerantes a dichos contaminantes. Observaron, también, que la estructura de la comunidad y la diversidad de especies no fueron seriamente afectadas por la contaminación de metales, a pesar de que acumularon altas concentraciones internas de los mismos. Notaron, de igual forma, que el zinc fue el metal que más se acumuló internamente en las especies microfitófagas, las cuales se alimentan casi exclusivamente de hongos. Puesto que los hongos son más resistentes y buenos acumuladores de metales pesados, alcanzando las 1200 ppm (González *et al.*, 2000) y las especies *Oppiella nova* y *Tectocepheus elegans* considerados como microfitófagos (Skubala y Kafel 2004), que se alimentan básicamente de hongos, resultaron ser de las especies más beneficiadas, al menos en apariencia, en la parcela regada con aguas residuales, probablemente por la gran cantidad de metales, principalmente cobre y zinc, ya que sus abundancias aumentaron en esta localidad en más del 400% y más de 1000%, respectivamente, con relación a El Bondho. Es conveniente mencionar que en la parcela de San Salvador el zinc fue el metal pesado que predominó (Cuadros 17 y 18), y al mismo tiempo coincidió con la abundancia alta de *T. elegans* en esa localidad (cuadro 3).

T. elegans mostró gran preferencia por el suelo con pH menor que el registrado en El Bondho, ya que en los meses de diciembre y febrero tuvieron sus máximas abundancias poblacionales, coincidiendo, en las mismas fechas con las mayores concentraciones de metales pesados. Lo anterior permite pensar que hasta el momento las concentraciones de dichos metales están rindiendo más beneficios que perjuicios, cuando menos en algunas especies de ácaros oribátidos, como es el caso de *T. elegans*.

Además, los resultados obtenidos por Contreras (2001), muestran que el zinc, el hierro y el manganeso fueron los metales que se presentaron en mayor concentración en el suelo de San Salvador con respecto al de El Bondho. Las concentraciones elevadas de dichos metales pueden explicar, en cierta forma la abundancia alta de las poblaciones de *T. elegans*, *Oppiella nova* y *Scheloribates* sp. entre otras, en esa zona, partiendo de los resultados y como base los trabajos de Seniczak *et al.*, (1999) y Skubala y Kafel (2004) donde se pondera la importancia de dichos elementos en el efecto amortiguador de metales como el plomo y el cadmio así como su relevancia para el desarrollo de dichos ácaros del suelo.

El hecho que se registraran mayores porcentajes de metales como cu, fe y zn en el suelo, en la parcela de San Salvador, durante los meses de diciembre a febrero, pudo mejorar las condiciones fisicoquímicas para que dichos elementos tomaran relevancia en las funciones metabólicas y las actividades reproductivas de los oribátidos (Seniczak *et al.* 1997; Skubala y Kafel, 2004), y consiguientemente propiciara la proliferación de las especies antes señaladas. Además se presupone que dada la gran cantidad de rastrojo y cubierta vegetal presente en esos meses existía la posibilidad de que se presentaran microambientes con una relativa humedad y temperatura suficientes para albergar a los ácaros oribátidos (González *et al.*, 2003).

Tomando en consideración que varios metales pesados como el cobre, zinc, manganeso, cromo y níquel, entre otros, son importantes como micronutrientes en los animales del suelo (Skubala y Kafel, 2004; Seniczak *et al.* 1997; Seniczak *et al.*, 1999), y en general en todos los organismos, se puede asumir que el incremento en la abundancia de algunas especies en San Salvador pudiera estar influenciada por la

presencia de una mayor concentración de dichos metales en los dos primeros meses de muestreo (Cuadros 3, 17 y 18)

Los resultados de los estudios anteriores indican que ciertos metales, como el cobre y el zinc, por ejemplo están desempeñando una función relevante en el metabolismo y desarrollo de dichos ácaros (Skubala y Kafel, 2004; Seniczak *et al.* 1997) al incrementarse sus poblaciones tal como ocurrió en San Salvador con *T. elegans*, *Schelorbates* sp. y *Oppiella nova*. Como puede observarse (Cuadros 17 y 18) las concentraciones de los elementos anteriores son muy elevadas, con respecto a las del plomo en la parcela regada con agua residual, en las dos primeras fechas de colecta. El cobre presentó 10.5 y 8.2 mg/kg para los meses de diciembre y febrero, respectivamente, mientras que el zinc, en los mismos meses tuvo valores de 34.0 y 23.9 mg/Kg. El plomo alcanzó valores de 5.9 y 5.0 mg/Kg. Se observa que los valores del cobre representaron casi el doble con respecto al Plomo, mientras que el zinc fue alrededor de cinco veces mayor su concentración respecto al mismo elemento pesado. Lo anterior puede indicar que de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo y comparados con los obtenidos por Seniczak *et al.*, (1999) y los de (Skubala y Kafel, 2004), entre otros, se puede proponer que las tres especies de oribátidos señaladas están recibiendo más beneficios que daños.

Como respuesta al efecto de los contaminantes en las poblaciones de ácaros oribátidos Rusek (2000) propone un sistema de clasificación: a) especies sensibles como son *Adoristes ovatus*, *Eporibatula rauscheninsis* y *Oppiella minus*; b) especies susceptibles tales como *Carabodes labyrinthicus* y *Oribatula tibialis* y c) especies tolerantes entre las cuales están *Chamobates schueltzi*, *Liochthonius* sp. *Tectocephus*

velatus, *Trichoribates trimaculatus*, *Zygoribatula exilis*, y *Rhodacarus coronatus*. Si se es estricto y se compara este sistema de clasificación con los resultados obtenidos en el presente estudio sólo *Tectocepheus velatus* y *Carabodes* encajarían dentro de él. Sin embargo, *Oppiella nova* y *Zygoribatula connexa* podrían ser también consideradas como especies tolerantes ya que fueron muy abundantes en San Salvador y El Bondho, respectivamente. Como se puede apreciar, esta clasificación es muy relativa y puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, tipo, uso de suelo y las características fisicoquímicas del mismo, etc.

VI. 8. Especies indicadoras de ambientes perturbados

De acuerdo con Iturrondobeitia y Saloña, (1991) entre los factores que más influyen en la distribución de los oribátidos y que definen los diferentes grupos ecológicos están el pH, relación C/N, riqueza orgánica, intercambio iónico, carbonatos y caliza, conductividad y salinidad o concentración de iones solubles en el suelo. Las especies de amplio espectro ecológico son las que dominan en los suelos más impactados, mientras que los suelos con mayor riqueza orgánica son los que poseen el mayor número de especies exclusivas de sus suelos. En el caso particular de El Bondho y San Salvador donde se presentan suelos impactados por la agricultura, así como por el riego con aguas residuales en esta última localidad, se puede confirmar lo anterior ya que poseen dos especies de amplio espectro ecológico, *Z. connexa* para la primera localidad y *T. elegans*, para la segunda. Estas zonas agrícolas tienen relativamente menor número de especies que los suelos de zonas poco alteradas o vírgenes, ya que por lo general estos últimos son más ricos en materia orgánica y nutrientes.

La baja abundancia y diversidad de ácaros oribátidos pueden indicar condiciones desfavorables del suelo, (Minor *et al.*, 2004).

En estudios llevados a cabo en suelos agrícolas por alrededor de 100 años en Suecia, los oribátidos estuvieron representados sólo por *Opiella nova*, *Oppia* spp. y *Tectocephus* spp., en tanto que los Mesostigmata y Prostigmata aportaron diez y ocho especies, respectivamente (Lebrun y Van Straalen, 1995). Algo similar sucedió en los campos de Alberta, cultivados por siete u ocho años donde fueron recuperados sólo *Tectocephus velatus* y *Oppiella nova* en tanto que de los Astigmata y Prostigmata se obtuvieron siete especies para cada grupo en el mismo suelo (Siepel, 1996). El bajo número de especies recuperadas refleja la baja tasa metabólica, el lento desarrollo y baja fecundidad de los oribátidos que no pueden responder rápidamente a las condiciones adversas. Por otro lado, especies de *Oppiella*, *Tectocephus*, *Scutovertex*, *Scheloribates*, *Trichoribates* y *Punctoribates* fueron comunes en los tiraderos metalúrgicos en Polonia (Skubala, 1995). Lo mismo sucedió en suelos tratados con residuos de aceite, en el noreste de Norte América, donde especies de las familias Brachychthoniidae y los géneros *Tectocephus*, *Oppiella*, *Scheloribates* y *Punctoribates* estuvieron bien representados (Norton y Sillman, 1985).

Se puede establecer, por lo tanto, que los géneros *Tectocephus*, *Oppiella*, *Zygoribatula* y *Scheloribates* sobresalen por su abundancia y son constantes en aquellos ambientes donde existe algún tipo de perturbación como un suelo de pastizal (Wallwork y Rodríguez, 1961; Skubala, 1995); en sitios afectados con largos periodos de sequía (Lindberg *et al.*, 2002), o que está contaminado con metales pesados (Al-Assiuty *et al.*, 2000), o bien en aquellos suelos que se les ha dado un uso agrícola (Norton y Silman,

1985; Ruiz *et al.*, 1986; Skubala, 1995). Las especies comunes a ambas parcelas han sido reportadas, además, por otros autores en diversos ambientes perturbados como son Ibarra *et al.* (1965), Aoki *et al.* (1977) Block (1966); Reeves (1977); Usher (1975); Subías *et al.*, (1986), Krivolutsky (1991) y Quang (1999), entre otros.

Algunas de las principales razones por las que son altamente tolerantes puede deberse a sus hábitos alimenticios y a su rápida reproducción partenogenética (Maraun *et al.*, 2003), tienen alta resistencia a las bajas temperaturas, pues son capaces de soportar hasta -36 C° (Fujikawa, 1995). Además de que cuentan con gran capacidad para adaptarse a condiciones ambientales adversas como bajo pH y a la presencia de altas concentraciones de metales pesados (Fujikawa, 1995). Su reproducción es casi en todos los meses del año, ya que fueron encontrados inmaduros en todos los meses de colecta (Cuadro 7). Skubala y Kafel (2004) determinaron relativamente altas concentraciones de zinc y cobre en el cuerpo de *O. nova* y en *T. velatus* lo que permite inferir su gran resistencia y tolerancia a dichos contaminantes. Estas especies es común encontrarlas en suelos agrícolas (Ruiz *et al.*, 1986; Fujikawa, 1995, 1999). Mahunka y Paoletti (1984) al igual como en el presente estudio, la han registrado en suelo cultivado con maíz, sin embargo, como ya se ha mencionado, es una especie que vive en un rango amplio de ambientes, pero principalmente y en mayor abundancia en aquellos suelos perturbados (Aoki *et al.*, 1977).

Es bastante notorio que las especies más abundantes en una localidad son mucho menos representativas en la otra (Cuadros, 3 y 4). Lo anterior nos indica que cada una de ellas requiere de características y requerimientos muy particulares (Iturrondobeitia y Saloña, 1991; Minor *et al.*, 2004).

Oppiella nova es otra de las especies registradas en el presente estudio y que también ha sido reportada en otros trabajos de suelos con perturbaciones antropogénicas por distintos autores, aunque con menos frecuencia que *Scheloribates*, *Tectocephus* y *Zygoribatula*. Lo que indica que dichas especies, están adaptadas al suelo agrícola (Norton y Silman, 1985; Ruiz *et al.*, 1986; Skubala, 1995), pero principalmente en aquellos suelos que contienen una relativa concentración alta de metales pesados donde abundan cantidades tanto de zinc así como de cobre, mismos que requieren para su metabolismo (Hopkin, 1993; Skubala y Kafel, 2004). Por ello, puede considerarse también a *Oppiella nova*, a *Scheloribates* sp. y a *Tectocephus* sp. como especies indicadoras de suelos alterados, no sólo por ser un suelo alterado por las actividades agrícolas sino principalmente por la presencia de metales pesados, los cuales son vertidos a ese medio a través del riego con aguas residuales en la parcela de San Salvador. Al mismo tiempo, *Zygoribatula connexa*, es una especie bien representada en suelo de El Bondho con pH mayor a 7 y con elevadas cantidades de sales (Fig. 16, Cuadro 14).

En la presente investigación las especies *Oppiella nova*, *Rhysotritia ardua* y *Scheloribates* después de *T. elegans* fueron las más abundantes en la parcela contaminada con metales pesados, corroborando, de esta manera, su potencial como especies indicadoras, mientras que en la parcela regada con aguas de pozo, si bien estuvieron presentes dichas especies, fue muy baja su densidad, sin embargo, *Microppia* sp., *Epilohmannia pallida* y *Ramusella* sp., junto con *Zygoribatula connexa* vieron incrementadas sus poblaciones, de manera considerable, en esta última parcela con respecto a la primera, lo que nos puede indicar que tienen bajos requerimientos de

los metales pesados o que son intolerantes a ellos y prefieren, además, suelos con pH más altos.

Se puede considerar a las especies *Zygoribatula connexa* en primer lugar (74% en El Bondho) y *Tectocephus elegans* en segundo (48% en San Salvador), como especies indicadoras de suelos alterados, las cuales se encuentran principalmente y en mayor proporción en aquellos donde existe algún grado de disturbio, como sucede en las parcelas de El Bondho y San Salvador utilizadas para el cultivo y regada esta última, con aguas residuales (Cuadro 3).

A pesar de que en San Salvador se registraron contenidos altos de metales pesados, al realizar las pruebas estadísticas correspondientes los valores obtenidos no resultaron significativos (Cuadros 19 y 20); por lo que se puede establecer que las concentraciones de metales pesados registradas no afectó de forma negativa las abundancias de las poblaciones de los ácaros oribátidos. El trabajo de Siebe (1994) en el Estado de Hidalgo sobre la acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales concluyó que a esa fecha los metales no representaban riesgo para el potencial productivo de los suelos de la localidad, ni tampoco había aumentado a niveles preocupantes la incorporación de metales a la cadena trófica

Es razonable por lo tanto pensar que las diferencias en las abundancias poblacionales entre una localidad y la otra pueden deberse a la tolerancia de parte de algunas especies, así como a la intolerancia de otras a la presencia de ciertos metales pesados. Mientras que algunas especies no soportan altas concentraciones de ciertos metales, otras en cambio, no sólo las soportan, sino que sus poblaciones se

incrementan cuando el medio donde viven existe una moderada concentración de dichos metales y es muy posible que estas especies estén aprovechando dichos metales y los están incorporando a su metabolismo (Skubala y Kafel 2004).

Seniczak *et al.* (1997) estimaron que la influencia de un metal pesado en particular en los organismos vivos puede ser modificado por varios factores ambientales, incluyendo las interacciones con otros metales y otros químicos. De este modo, se sabe que la presencia de un metal puede cambiar la incorporación, la acumulación y toxicidad de los otros con los que se está interaccionando. Seniczak *et al.* (1997) observaron también que cuando se agregaba una concentración alta de cobre a las algas de las cuales se alimentaban los ácaros, se redujo el efecto dañino del plomo causado a los ácaros; la tasa de fertilidad fue más alta, la mortalidad más baja y el tiempo de desarrollo fue más corto que los grupos tratados sólo con plomo.

Otro estudio similar reporta que las especies de oribátidos parecen ser indiferentes a la concentración de metales en sus cuerpos. Antes bien, pequeñas dosis de metales a lo largo de un gradiente de comunidades de oribátidos de un suelo de bosque resultó aparentemente benéfico para su desarrollo (Skubala y Kafel, 2004).

Es necesario realizar estudios de ecotoxicología a nivel específico, tanto en condiciones de laboratorio, para conocer los porcentajes de acumulación en sus tejidos, como en condiciones naturales, en el campo, y de esta forma poder medir de manera más real el impacto que tienen ciertos agentes contaminantes, principalmente metales pesados provenientes de las aguas residuales utilizadas para el riego de los suelos agrícolas.

VII CONCLUSIONES

39,487 ácaros de cuatro órdenes fueron el total colectados entre las dos parcelas estudiadas. La localidad de San Salvador aportó un total de 28,392 ácaros, mientras que en El Bondho sumaron únicamente 11,095.

Del total de ácaros obtenidos, sólo 2,448 (6%) individuos pertenecieron a los Cryptostigmata.

San Salvador presentó la mayor riqueza específica con 18 especies contra 14 de El Bondho. Con respecto a la abundancia absoluta, en San Salvador fue donde hubo ligeramente más organismos (1,345) representando el (55%) contra (1,103), (45%) en El Bondho.

La densidad en la localidad de San Salvador (2,360 ind/m²) fue mayor que en El Bondho (1,935 ind/m²). A excepción de febrero y agosto, las restantes fechas de muestreo en San Salvador, presentaron las más altas densidades con respecto a El Bondho.

Hubo diferencias evidentes en la composición y abundancia relativa

Las especies más abundantes en San Salvador fueron, en orden de importancia: *Tectocepheus elegans*, *Scheloribates* sp., *Oppiella nova*, *Xylobates* sp., *Zygoribatula connexa* y *Gemmazetes cavatica*. En El Bondho fueron, en orden de importancia:

Zygoribatula connexa, *Ramusella* sp., *Oppiella nova*, *Epilohmannia pallida*, *Rostrozetes* sp. y *Tectocepheus elegans*.

Tectocepheus elegans mostró su máxima abundancia en el mes de diciembre (80%) del total de individuos de la especie en San Salvador, mientras que *Z. connexa* la presentó en el mes de febrero (94%) en El Bondho, siendo las mejor representadas en sus respectivas localidades.

Tanto en la localidad de San Salvador como en El Bondho el mes de diciembre fue donde se registró la mayor riqueza específica (13) para la primera y (10) para la segunda localidad.

Por otro lado, el mes de diciembre fue también la fecha donde se registró la mayor abundancia de oribátida en San Salvador (58%), pero en El Bondho la mayor abundancia se presentó en febrero (70 %).

Las familias más representativas de Oribatida y por tanto las más insensibles al deterioro ambiental en la Parcela de San Salvador, en orden decreciente, fueron las siguientes: Tectocepheidae, Scheloribatidae y Oppiidae. En El Bondho fueron las familias Oribatulidae y Oppiidae.

La densidad se vio incrementada en la parcela regada con aguas residuales en un 18% frente a El Bondho.

De acuerdo a la prueba de “t”, aplicada a los índices de diversidad, de manera global, no existe diferencia significativa por el tipo de riego en las dos parcelas estudiadas. Esto quiere decir que el tipo de riego no está afectando de manera negativa a las poblaciones de oribátidos. Sin embargo, por fechas de colecta sí hubo diferencias significativas

De acuerdo con los resultados obtenidos se confirma que en general los Oribatida son organismos altamente resistentes a la contaminación por metales pesados.

Se aporta con un total de 12 especies como registros nuevos para el estado de Hidalgo y son las siguientes: *Gemmazetes cavatica*, *Brachioppia* sp., *Microppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis*, *Rhysotritia ardua* sp., *Setobates* sp., *Xylobates* sp., *Hypochthonius* sp., *Lohmannia banksi*., *Allonothrus* sp., *Zygoribatula connexa* y *Galumna* sp. Las especies *Gemmazetes cavatica*, *Brachioppia* sp., *Carabodes ecuadoriensis*, *Zygoribatula connexa* y *Setobates* sp. son, además, registros nuevos para el país.

LITERATURA CITADA

Agustín, S. S. 2000. Contribución al estudio de los ácaros arborícolas oribátidos (Acarida: Cryptostigmata) de la selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco, México. Tesis licenciatura, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, 62 pp.

Al-Assiuty, A. I. M., M. A. Khalil y H. M. Abdel-Lateif. 2000. Effects of dry sludge application on soil microarthropod communities in a reclaimed desert ecosystem. *Pedobiologia*, 44: 567-578.

Aoki, J. 1964. A new aquatic oribatid mite from Kauai Island. *Pac. Ins.*, 6: 483-488.

Aoki, J. 1966. Epizoic symbiosis: an oribatid mite, *Symbioribates papuensis*, representing a new family, from cryptogamic plants growing on the backs of Papuan weevils (Acari: Cryptostigmata). *Pac. Ins.*, 8: 281-289.

Aoki, J. 1979. Difference in sensitivities of oribatid families to environmental change by human impacts. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 16 (3): 415-422.

Aoki, J., H. Harada y A. Miyawaki. 1977. Relation between fauna of soil mites (Oribatei) and human impacts in four main natural forest region in Kanawa prefecture Central Japan. Reprinted from bulletin of the Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University, 3 (1): 121-133.

Aoki, J. y G. Kuriki. 1980. Soil mite communities in the forest environment under the roadside trees. In: Dindal, D. I. (Ed). Soil Biology as Related to Land Use Practices Office of Pesticides and Toxic Substances. EPA. Washington, D.C. pp. 226-232

Badejo, M. A. y B. A. Ola-Adams. 2000. Abundance and diversity of soils mites of fragmented habitats in a Biosphere Reserve in southern Nigeria. *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia*, 35: 2121-2128.

Balogh, J. y P. Balogh. 1992a. The oribatid mites genera of the world. Hungarian National Museum Press., I: 263 pp.

Balogh, J. y P. Balogh. 1992b. The oribatid mites genera of the world. Hungarian National Museum Press., II: 375 pp.

Bautista, Z. F. 1994. La contaminación del suelo por metales pesados: reflexiones sobre el análisis químico. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 3: 24-32

Behan-Pelletier, V. M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 411-423.

Behan-Pelletier, V. M., S. B. Hill y D. K. Mc E. Kevan. 1978. Effects of nitrogen fertilizers, as urea, on Acarina and other arthropods in Quebec black spruce humus. *Pedobiologia*, 18: 249-263.

Bernal, R. A. y R. M. Iglesias. 2004. Los ácaros Cryptostigmata en tres diferentes asociaciones vegetacionales en Santa María Huatulco, Oaxaca, México. *Entomología Mexicana*, 3: 55-59.

Block, W. 1966. Seasonal fluctuations and distribution of mite populations in Moorlands soils, with a note on biomass. *J. Anim. Ecol.*, 35. 487-503.

CNA, Comisión Nacional del Agua. 1995. Impacto del riego con aguas residuales en las aguas subterráneas del Valle del Mezquital, Hidalgo. Reporte Fase I. México, 58 pp.

Contreras, V. R. 2001. Impacto en la ecología de algunos géneros del Orden Collembola por la incorporación de contaminantes en suelos de San Salvador, Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 99 pp.

Cruz Campa, S. 1965. Rehabilitación integral del distrito de Riego 03, Tula, Hgo. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 163 pp.

Dalenius, P. 1962. Studies on the Oribatei (Acari) of the Torneträsk territory in Swedish Lapland. III. The vertical distribution of the moss mites. *Kungl. Fysiografiska Sällskapet I Lund Förhandlingar*, 32: 105-129.

Dindal, D. L. (ed). 1990. Soil biology guide. Wiley Interscience Publication, Nueva York. 1349 pp.

DDR 063, Distrito de Desarrollo Rural. 1997. Características generales de los distritos de Riego 003-Tula y 100 Alfajayucan. Mixquiahuala, Hgo. 25 pp.

Estrada, E. G., I. Sánchez. e I. Bassols. 1988. Ácaros del suelo de dos zonas del Valle de Tehuacán, Puebla, México. Fol. Entomol. Méx., 76: 225-236.

Faharat, A. Z. 1966. Studies on the influence of some fungi on Collembola and Acari. Pedobiologia, 6: 258-268.

Fujikawa, T. 1995. Comparison among populations of *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880) from forests, grasslands and crop field. Edaphologia, 55: 1-82.

Fujikawa, T. 1999. Individual variations of two reared oribatid species, *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880) and *Oppiella nova* (Oudemans, 1902). Edaphologia, 62: 11-46.

García, I. y C. Dorronsoro. 2003. Contaminación por metales pesados. Factores del suelo que afectan su acumulación y disponibilidad. Tecnología de Suelos, España, 8 pp.

García, I. C. Dorronsoro. 2003. Contaminación por metales pesados. Riesgos y legislación en materia de suelos contaminados por metales pesados. Tecnología de suelos: 4 pp.

García, S. A. J. 2002. Identificación de los ácaros con mayor abundancia en un transecto del volcán “La Malintzin” Estado de Tlaxcala, México. *Informe final de Servicio*

Social. Licenciatura en Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F., 48 pp.

González, J., A. Moreno, L. Pérez, M. Larrea, P. Prieto, C. de la Rosa y A. Moso. 2000. Nivel de contaminación en suelos por elementos traza. Impacto sobre las comunidades microbianas. *Edafología*, 3-7: 47-54.

González, C. V., M. Díaz A. y D. Prieto T. 2003. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Revista Biología*, 1: 18-26.

Haimi, J. y A. S. Pietikäinen. 1996. Decomposer animal communities in forest soil along heavy metal pollution gradient. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 354: 672-675.

Haarlov, N. 1960. Microarthropods from danish soils, ecology, phenology. *Andelsbogtrykkeriet I Odense*. 176 pp.

Hammer, M. 1955. Alaskan Oribatids. *Acta Arct.*, 7: 1-36.

Hartenstein, R.C. 1960. The effects of DDT and malation upon forest soil microarthropods. *J. Econ. Ent.*, 53: 357-362.

Hermosilla, W., A. R. Reca., J. C. Pujalte e I. Rubio. 1977. Efectos de la compactación del suelo sobre la fauna edáfica en campos pastoreados (Partido de Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Physis, Sec. C.*, 36: 227-236.

Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas y J. B. Morales-Malacara. 1986. Manual de bioespeleología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 274 pp.

Hoffmann, A. y G. López-Campos. 2000. Biodiversidad de los ácaros en México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 230 pp.

Hopkin, S. P. 1993. Ecological implications of “95 % protection levels” for metals in soils. *Oikos*, 66: 137-141.

Hubert, J. 2000. The oribatid community (Acari: Oribatida) on dry cow pasture. *Ekológia (Bratislava)*, 19: 354-364.

Huhta, V., E. Karppinen, M. Nurminen y A. Valpas. 1967. Effect of silvicultural practices upon arthropods, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. *Ann. Zool. Fenn.*, 4: 87-143.

Ibarra, J. A. Wallwork y G. Rodríguez. 1965. Ecological studies of mites found in sheep and cattle pastures. I. Distribution patterns of oribatid mites. *Annals of the Entomological Society of America*, 58: 153-159.

Iglesias, M. R. 1995. Taxonomía de ácaros Crotonioidea (Acari: Oribatei) de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 75 pp.

Iglesias, M. R., J. G. Palacios-Vargas y S. Mahunka. 2001. New species of *Trimalaconothrus* from Mexico (Acari : Oribatei : Malaconothridae). *Folia Entomol. Méx.*, 40: 67-81.

Iraola, V. 2001. Introducción a los ácaros. II: Hábitats e importancia para el hombre. *Arecnet*, 7 Bol. S. E. A., 28: 141-146.

Iturrondobeitia, J. C. y M. I. Saloña. 1991. Estudio de las comunidades de oribátidos (Acari, Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima; 4. Relación entre fauna y factores del suelo. *Rev. Ecol. Biol. Soil.*, 28: 443-459.

Kevan, D. K. 1955. Identification of soil and litter inhabiting animals. In: Kevan, D. H. (ed.). *Soil Zoology*. Butterworths Scientific Publications, Londres, pp. 23-28.

Krantz, G. W. 1978. *A Manual of acarology*. 2^a ed. Oregon State University Book Stores, Inc. USA. 509 pp.

Krivolutsky, D. A. 1991. Oribatid mite complexes as bioindicators of radioactive pollution. *Recent Advances in Acarology*, 1: 615-618.

Lebrun, P. y N. M. van Straalen. 1995. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. *Expt. Appl. Acarol.*, (19): 361-380.

López, F. J. I., M. G. Navarro y S. C. González. 2000. Tratamiento de descontaminación de materia orgánica residual: límites alcanzados en metales pesados. *Edafología*, 7-3: 151-157.

Lúptácik, P. y L. Miko. 2003. Oribatid mites (Acarina, Oribatida) of Slovak caves. *Subterranean Biology*, 1: 25-29.

Luxton, M. 1972. Studies on the oribatid mites of a Danish Beechwood soils. I Nutritional biology. *Pedobiologia*, 12: 434-463.

Mahunka, S. y M. G. Paoletti. 1984. Oribatid mites and other mites (Tarsonemidae, Anoetidae, Acaridae) from woods and farms monocultivated with corn in the low laying plain (Veneto and Friuli, NE Italy). *Redia*, 67: 93-128.

Maraun, M., J. A. Salamon, K. Schneider, M. Schaefer y S. Scheu. 2003. Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a moder beech forest (*Fagus sylvatica*): Effects of mechanical perturbations. *Soil Biology Biochemistry*, 35: 1387-1394.

Minor, M. A., T. A. Volk y R. A. Norton. 2004. Effects of site preparation techniques on communities of soil mites (Acari: Oribatida, Acari: Gamasida) under short-rotation forestry plantings in New York, USA. *Applied Soil Ecology*, 25: 181-192

Moreno, M. J. A. 1985. Análisis de la variación estacional de los ácaros del suelo en la comunidad de bosque de *Pinus hartwegii* Lind. del Volcán Popocatepetl en el Estado de

México. Tesis. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. 149 pp.

NOM, Norma Oficial Mexicana. 1975. Método de Muestreo de Aguas Residuales . D.G.N.-AA-3-.

Norton, R. A. 1990. Acarina. Oribatida. In: Dindal (1990). Soil biology guide, Wiley. Interscience Publication, Nueva York. pp. 779-803.

Norton, R. A. 1994. Evolutionary aspects of oribatid mites life histories and consequences for the origin of the Astigmata In: M. A. Houck (ed.). Mites: Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns. Chapman Hall, Nueva York, pp. 99-135.

Norton, R. A. y D. Y. Sillman. 1985. Impact of only waste application on the mite community of an arable soil. Exp. Appl. Acar., 1: 287-306.

Ojeda, C. M. 1983. Contribución al conocimiento de los Ptyctimina (Acarida: Oribatei) neotropicales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 142 pp.

Ojeda, C. M. 1989. Aspectos ecológicos de los oribátidos (Acarida: Oribatei) del Edo. de México (su relación con los céstodos Anoplocephalidae). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 86 pp.

Palacios-Vargas, J. G. 1982. Microartrópodos asociados a Bromeliáceas. *In*. P. J.

Salinas (Ed.) *Zoología Neotropical Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Zoología.*

Tomo 1 pp. 535-545.

Palacios-Vargas, J. G. 1985. Microartrópodos del Popocatepetl (Aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, U N A M, México, D.F. 132 pp.

Palacios-Vargas. J. G. 1994. Los ácaros oribátidos de México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.*, 65: 19-32.

Palacios-Vargas, J. G. y M. R. Iglesias. 1997. Especies nuevas de Crotoniidea (Acarida: Oribatei: Nothroidea) de México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.*, 68: 35-52.

Palacios-Vargas, J. G., R. Iglesias y G. Castaño-Meneses. 2003. Mites from Mexican oaks canopies. *Insect Sci. Applic.*, 4: 287-292.

Palacios-Vargas J. G. y M. R. Iglesias. 2004. Oribatei (Acari). In: J. Llorente Bousquets, J. J. Morrone, O. Yáñez Ordóñez e I. Vargas Fernández (eds). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV.* Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 431-468.

Paoletti, M. G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to asses landscape sustainability. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 74: 1-18

Parmelee, R. W., R. S. Wentsel, C. T. Phillips, M. Simini y R. T. Checkai. 1993. Soil microcosm for testing the effects of chemical pollutants on soil fauna communities and trophic structure. *Environmental Toxicol and Chemistry*, 12: 1477-1486.

Quang, V. M. 1999. Oribatid community structures (Acari : Oribatei) in relation to forest decline in the Tam Dao Park Vietnam, *Proceedings of the NCST*, 11: 89-94.

Quang, V. M. y T. T. Nguyen. 2000. Microarthropod community structures (Oribatei and Collembola) in Tam Dao National Park, Vietnam, 1: 379-386

Rajagopal, D. 2000. Abundance of soil fauna in relation to organic matter turn over and nutrient cycling. *XIII International Colloquium on Soil Zoology*, 56.

Reeves, M. R. 1969. Seasonal distribution of some forest soil oribatei 23- 30. *Proceedings of the 2nd International Congress of Acarology*, 23-30.

Reeves, M. R. 1977. Oribatid ecology: In. . D. L. Dindal (ed). *Biology of oribatid mites*. College of Environmental Sci. and Forestry Syracuse, Nueva York, pp. 157-175.

Ríos, S. G. A. 1997. Taxonomía de los *Scapheremaeus* (Oribatei: Cymbaeremaeidae) de la Región Neotropical. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 100 pp.

Ríos, S. G. y J. G. Palacios-Vargas, 1998. Especies nuevas de *Scapheremaeus* (Oribatei: Cymbaeremaeidae) de México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México (Ser. Zool.), 69: 181-215.

Ruiz, E., M. E. Mínguez y L. S. Subías. 1986. Los oribátidos (Acari : Oribatida) de los eriales de cultivo de una zona agrícola del sur de Madrid y el efecto Borde. Actas de las VIII Jornadas A e E, pp. 98-110.

Rusek, J. 2000. Impacts of airborne pollutants on soil fauna. Annual Review of Ecology and Systematics, 31: 395-423.

Saloña, B. M. y J. C. B. Iturrondobeitia. 1990. Estudio de las comunidades de Oribátidos (Acari: Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima 3. Análisis comparado de las afinidades cenóticas e interespecíficas. Rev. Ecol. Biol. Soil., 2: 185-203.

Schatz, H. 2004. Diversity and global distribution of oribatid mites (Acari: Oribatida). Evaluation of the present state of knowledge. Phytophaga XIV: 485-500.

Sengbusch, H. G. 1974. Studies on the life History of three oribatoid mites with observations on other species (Acarina: Oribatei). Annals Entomological Society of America, 47: 646-667.

Seniczak, A., S. Seniczak y J. Dlugosz. 1997. The influence of copper on the development, fertility and mortality of *Archezogetes longisetosus* Aoki (Acari:

Oribatida) in the laboratory conditions. Arbeitstangun Mengen-spurenelemente, pp. 620-626.

Seniczak, A. y S. Seniczak. 1998. The influence of lead on the morphology of *Archezogzetes longisetosus* (Acari: Oribatida). Soil Zoological Problems in Central Europe, pp. 199-205

Seniczak, A., S. Seniczak y J. Dlugosz. 1999. The effect of lead and copper on *Archezogzetes longisetosus* Aoki (Acari), Oribatida) in laboratory conditions. Soil Zoology in Central Europe, pp. 289-293.

Siebe, C. 1994. Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales, en el Distrito de Riego 03, Tula, Hgo., México. Rev. Int. Contam. Ambient., 10: 15-21.

Siebe, C. y W. R. Fisher. 1996. Effect of long- term irrigation with untreated sewage effluents on soil properties and heavy metal adsorption of leptosols and vertisols in Central México. Z. Pflanzenernahr. Bodenk., 159: 357-364.

Siebe, C. y E. Cifuentes. 1995. Environmental impact of Wastewater irrigation in Central México: An overview. International Journal of Environmental Health Research, 5: 161-173.

Siepel, H. 1995. Are some mites more ecologically exposed to pollution with lead than others? Exp. Appl. Acarol., 19: 391-398.

Siepel, H. 1996. Biodiversity of soil microarthropods: the filtering of species. *Biodivers. Conserv.*, 5: 251-260.

Skubala, P. 1995. Moss mites (Acarina: Oribatida) on industrial dumps of different age. *Pedobiologia* 39: 170-184.

Skubala, P. y A. Kafel. 2004. Oribatid mite communities and metal bioaccumulation in oribatid species (Acari, Oribatida) along the heavy metal gradient in forest ecosystems. *Environmental Pollution*, 132: 51-60.

Subías, L. S., E. Ruiz y M. E. Mínguez. 1986. Consideraciones generales sobre la sucesión y bioindicación en los oribátidos (Acari: Oribatida) de un erial de cultivo mediterráneo. *Actas de las VIII Jornadas A e E*, 121- 131.

Statsoft, Inc. 1998. *Statistica for windows (Computer program manual)*. Tusa, USA.
<http://www.statsoft.com>

Tamhane, R. V., D. P. Motiramani y Y. P. Bali. 1978. *Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales*. Diana, Nueva Dehli, 403 pp.

Tan, K. H. 2000. *Environmental soil science*. Marcel Dekker, Nueva York. 452 pp.

Tischler, W. 1955. Effect of agricultural practice on the soil fauna, In. McE. Kevan K. (ed.), *Soil Zoology*, Butterworths Scientific Publication, Londres, 215-230 pp.

Usher, M. B. 1975. Seasonal and vertical distribution of a population of soil arthropods: Cryptostigmata. *Pedobiologia*, 15: 364-374.

Van Straalen, N. M. 1996. Critical body concentrations: Their use in bioindication. In: Van Strallen, N. M. y D. A. Krivolutsky (eds.), *Bioindicator systems for soil pollution*. Kluwer Academic Publishers, pp. 5-16.

Vázquez, M. G. 1999. Catálogo de los Ácaros Oribátidos Edáficos de Sian Ka` an, Q. Roo, México. Universidad de Quintana Roo, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, Quintana Roo. 126 pp.

Vázquez-Alarcón, A. L. G. Justín-Cajuste, C. Siebe-Grabach, G. Alcántar y L. de la Isla de Bauer. 2001. Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 35: 267-274.

Walker, C. H., S. P. Hopkin, R. M. Sibly y D. B. Peakall. 2001. *Principles of ecotoxicology*. Taylor Francis, 309 pp.

Wallwork, J. A. 1969. The zoogeography of antartic Cryptostigmata. *Proc. 2en Int. Congr. Acarol.*, 17-20.

Wallwork, J. A. 1971. Ácaros. In: Burges, A. F. Raw. 1971. *Biología del suelo*, Barcelona, pp. 426-461.

Wallwork, J. A. y J. G. Rodríguez. 1961. Ecological studies on oribatid mites with particular reference to their role as intermediate hosts of Anoplocephalid cestodes. *J. Economic Entomol.*, 54: 701-705.

Wallwork, J. A., M. Macquitty, S. Solange y W. G. Whitford. 1986. Seasonality of some Chihuahuan desert soil oribatid mites (Acari: Cryptostigmata), *J. Zool. Lond. (A)*, 208: 403-416.

Wardle, D. A. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in Ecological Research*, 26: 105-185.

Way, M. J. y N. E. A. Scopes. 1968. Studies on the persistence and effects on soil fauna of some soil-applied systemic insecticides. *Ann. Appl. Biol.*, 2: 199-214.

Weigmann, G. 1982. The colonization of ruderal biotopes in the city of Berlin by arthropods, In: Bornkamm, R. Lee, J. A. Seaward, M. R. D. (eds.) *Urban Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 75-82.

Woolley, T. 1960. Some interesting aspects of oribatid ecology (Acarina). *A. Entomol. Soc. America*, 53: 251-253.

Zaitsev, A. S. y N. M. van Straalen. 2001. Species diversity and metal accumulation in Oribatid mites (Acari: Oribatida) of forest affected by a metallurgical plant. *Pedobiologia*, 45: 467-479.

Zamora, C. J. 1988. Evaluación de la calidad del agua potable del acueducto sistema Valle del Mezquital y poblaciones abastecidas en el Estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México. 58 pp.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. 2a. Edición. Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 693 pp.

Zyromska-Rudzka, H. 1977. Changes in oribatid mite community after chemical fertilizer application in a meadow. Ecol. Bull. (Stockholm), 25: 133-137.