Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Trabajo de Diploma

Efecto de las prácticas agrícolas sobre la mesofauna del suelo en agroecosistemas de Santa Clara

Autor: Lanyer Valladares Vilches

Tutores: *Dra.C.* Edith Águila Alcántara

MsC. Héctor Pablo Hernández Arboláez

Santa Clara, 2016

Agradecimientos

A mi mamá, mi papá, por darme el amor y apoyo incondicional que se necesita.

A mi familia, hermanos, tías y especialmente a mis abuelos por compartir conmigo todo el cariño que se necesita.

A mis tutores Edith Águila Alcántara y Héctor P. Hernández Arboláez por enseñarme, ayudarme y comprenderme a través de su gran esfuerzo y dedicación en la confección del trabajo, del cual he aprendido mucho.

A la profesora Yanetsy Ruíz González por el trabajo realizado y el tiempo empleado para ayudarme en los análisis de los resultados de este trabajo.

A todos los técnicos del laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones Agropecuarias por su empeño y trabajo realizado en los análisis de laboratorio.

A todo el colectivo de profesores del Departamento de Agronomía de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), por brindarme sus conocimientos y convertirme a un profesional.

A todos mis compañeros de clase que han compartido conmigo todos estos 5 años de carrera, por su apoyo, que contribuyeron de una forma u otra a prepararme como profesional.

A todos mis amigos del edificio C-4 especialmente a Alejandro, Lenier, Yainel, Yosiel, Frandy, en fin a todos por compartir todo el tiempo conmigo.

En fin a todas las personas que de una forma u otra compartieron conmigo en algún momento mis años de estancia en la universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y estudios anteriores.

Resumen

Para evaluar el efecto de algunas prácticas agrícolas sobre la mesofauna del suelo, se seleccionaron 31 campos agrícolas agrupados en 3 agroecosistemas de acuerdo a las prácticas de laboreo y fertilización que realizan y un ecosistema natural como patrón de referencia. Las áreas de estudio se localizaban sobre un suelo Pardo Mullido medianamente lavado. La investigación se realizó entre noviembre del 2015 y febrero del 2016. Se tomaron 4 muestras de suelo por campo a 20 cm de profundidad para evaluar indicadores químicos ($pH_{(H2O)}$, $pH_{(KCl)}$, MO y P Olsen) y los componentes de la mesofauna: ácaros y colémbolos. El $pH_{(H2O)}$, $pH_{(KCl)}$ y la MO fueron ligeramente superiores en el ecosistema natural y los agroecosistemas estatales de altos insumos; mientras que el fósforo fue superior en los agroecosistemas restantes. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los ecosistemas estudiados para los componentes de la mesofauna, lo que sugiere la utilidad de estos como bioindicadores. Las poblaciones de ácaros y colémbolos fueron superiores en el ecosistema natural, seguidos del agroecosistema de bajos insumos y sin diferencias entre los otros agroecosistemas. La composición de las comunidades de ácaros y colémbolos difirió entre los ecosistemas. Las correlaciones realizadas demostraron que en los agroecosistemas fueron importantes los efectos del $pH_{(KCl)}$, la MO y el fósforo sobre los ácaros de los órdenes Mesostigmata y Gasamidae y el Entomobrydae de los colémbolos; mientras que para el sistema natural las interacciones significativas fueron con Oribatidae (ácaros) e Isotomidae (colémbolos).

Abstract

To evaluate the effect of some agricultural practices on soil mesofauna, 31 agricultural fields were selected and divided in 3 agroecosystems according to the management practices and fertilization that they carry out and a natural ecosystem as reference pattern. The study areas were located on Brown calcareous soils. The investigation was carried between November, 2015 and February, 2016. They took 4 soil samples for field to 20 cm of depth to evaluate chemical indicators ($pH_{(H2O)}$, $pH_{(KCl)}$, MO and P Olsen) and mesofauna components: mite and springtails. The $pH_{(H2O)}$, $pH_{(KCl)}$ and the MO was lightly superior in the natural ecosystem and state agroecosystems of high inputs; while the phosphorous was superior in the remaining agroecosystems. The results showed significant differences among the ecosystems studied for mesofauna components, what suggests the utility of these as bioindicators. The populations of mite and springtails were superior in the natural ecosystem, followed by the agroecosystem of low inputs and without differences among the other agroecosystems. Community compositions of mites and springtails differed among the ecosystems. The carried out correlations demonstrated that in the agroecosystems were important the effects of the $pH_{(KCl)}$, the MO and the phosphorous on the mites of orders Mesostigmatide and Gasamidae and Entomobrydae in springtails orders, while for the natural system the significant interactions were with Oribatidae (mite) and Isotomidae (springtail).

Índice

1. Introducción 1

2. Revisión Bibliográfica 3

2.1. El suelo y su composición 3

2.2. La agricultura y su relación con el suelo 4

2.2.1. Las prácticas agrícolas y sus efectos sobre las propiedades del suelo 4

2.2.2. Paradigmas tecnológicos de agricultura y sus efectos sobre las propiedades del suelo 5

2.2.2.1 La agricultura de altos insumos: modelo de agricultura moderna y convencional 5

2.2.2.2 La agricultura de bajos insumos: alternativas orgánicas en el manejo de suelos 6

2.3. La calidad del suelo 8

2.4. La mesofauna como bioindicador de la calidad del suelo 9

2.4.1. Ácaros y colémbolos como bioindicadores de la calidad del suelo 12

2.4.2. Índices de la mesofauna como bioindicadores de la calidad de los suelos 14

3. Materiales y Métodos 17

3.1. Caracterización de las áreas de estudio y muestreo de suelos 17

3.2. Análisis químicos realizados 18

3.3. Extracción de la mesofauna del suelo y su clasificación 19

3.3.1. Extracción de la mesofauna del suelo 19

3.3.2 Identificación de los principales grupos y especies de ácaros y colémbolos del suelo 19

3.4. Análisis estadísticos 20

4. Resultados y Discusión 21

4.1. Evaluación de los indicadores químicos de los suelos en los ecosistemas estudiados 21

4.2. La mesofauna del suelo 23

4.2.1. Poblaciones totales de ácaros y colémbolos del suelo 23

4.2.2. Identificación de los principales grupos de ácaros y colémbolos de la mesofauna del suelo en los ecosistemas estudiados 25

4.3. Evaluación de la relación entre los indicadores químicos y grupos de la mesofauna evaluados 28

5. Conclusiones 36

6. Recomendaciones 37

7. Bibliografía

8. Anexos

1. Introducción

La calidad del suelo es un concepto que continuamente evoluciona y que refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas a través de un conjunto de funciones y servicios que brinda; entre los cuales sobresalen sostener la producción de biomasa, provisión de hábitat, contribuir al flujo de energía y materiales en los ecosistemas mediante la transformación, filtración, amortiguación y reciclaje de estos, y mantener la salud de plantas, animales y del hombre, entre otros (Karlen *et al*., 1997; Singer y Ewing, 2000; Bautista *et al.*, 2004; Ruiz *et al.*, 2013).

Los indicadores físicos y químicos han sido tradicionalmente los más empleados para evaluar la calidad de los suelos, pero los indicadores biológicos del suelo han ganado interés en la comunidad científica por su sensibilidad a cambios que a corto plazo suceden en el subsistema del suelo (Yang *et al.*, 2006); aunque no existe consenso en indicadores universales pues la selección de estos dependen del enfoque del estudio que se realiza.

La mesofauna del suelo ha sido empleada como bioindicador sensible para evaluar los efectos sobre la calidad debido a cambios en el uso del suelo y los niveles de intensificación agrícola. Otros estudios se enfocan en el desarrollo de índices para evaluar los efectos de la intervención agrícola sobre la mesofauna del suelo (Mateos, 1992; Yang *et al.*, 2006).

De manera general los invertebrados han sido relacionados con la formación del suelo y el ciclo de nutrientes, en fin con la capacidad del suelo para cumplir sus funciones (Marín *et al.*, 2015), lo cual tiene un potencial uso práctico en el campo de las investigaciones agrícolas.

En Cuba existen pocos estudios sobre la mesofauna del suelo y su vínculo con la intervención agrícola. Algunos trabajos han sido realizados en el occidente del país, entre ellos los de Socarrás y Robaina (2011) en suelos Ferralíticos de Artemisa y Mayabeque, y recientemente en la provincia, Oumaru (2015) y Marrero (2015) en suelos Pardos Sialíticos de Santa Clara. Sin embargo, aún son insuficientes los estudios realizados para comprender los efectos de actividad agrícola sobre la mesofauna del suelo y en especial para identificar aquellos grupos que puedan servir como

bioindicadores que identifiquen cambios negativos en el suelo debido al manejo agrícola que se realiza y la intensidad de este.

Problema

¿Podrían algunos componentes de la mesofauna del suelo servir como bioindicadores sensibles a cambios en las propiedades del mismo debido al efecto de las prácticas agrícolas empleadas?

Hipótesis

Los ácaros y colémbolos podrían ser bioindicadores viables que indiquen cambios en algunas propiedades del suelo causadas por el efecto de las prácticas agrícolas realizadas.

Objetivo general

Determinar el efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones de ácaros y colémbolos (bioindicadores de la mesofauna) en sistemas agrícolas Santa Clara y su relación con algunos indicadores químicos de calidad del suelo.

Objetivos específicos

1. Evaluar el estado de los indicadores químicos del suelo en los ecosistemas seleccionados.
2. Evaluar el efecto del manejo agrícola sobre las poblaciones de ácaros y colémbolos del suelo en los ecosistemas seleccionados.
3. Identificar las interacciones entre los indicadores químicos y los grupos de ácaros y colémbolos de los ecosistemas seleccionados.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. El suelo y su composición

El suelo está constituido en una proporción ideal por 45-48% de partículas minerales, 5-2% de MO, 25% de aire y 25% de agua (Sánchez, 2007). Es también un recurso vivo, dinámico, compuesto de partículas de minerales de diferentes tamaños, MO y numerosas especies de microorganismos. En este sentido, los suelos presentan una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fasbender, 1993). El suelo es consecuencia de la acción de los factores y procesos que ocurren en la naturaleza, que a la vez favorecen el desarrollo y soporte de los cultivos, sustrato indispensable donde se aplicaran los distintos tipos de fertilizantes. Las propiedades de los suelos determinan, en última instancia, en el sistema de cultivos; los cuales se pueden desarrollar de manera sostenible para proporcionar los rendimientos adecuados (Muñiz, 2001). La importancia de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Thompson y Troeh, 1988).

Sin embargo, el suelo no debe considerarse sólo como una mezcla o agregación de sustancias minerales u orgánicas sino como un sistema viviente. Un suelo viviente incluye tanto su vida microbiana como las condiciones bajo las cuales esta vida microbiana puede establecerse, mantenerse o incrementarse por ello se debe fomentar el uso práctico de la materia orgánica (MO) como factor básico de la vida del suelo y la sostenibilidad (Vásquez, 2003).

Gómez (2005) argumenta que el suelo es esencial en la producción agrícola, ya que es soporte indispensable de los cultivos, reserva de agua y nutrientes. No se trata de un medio inerte e inestable, sino de un sistema complejo con componentes físicos, químicos y biológicos interactuando en equilibrio dinámico, sobre el que intervienen diversas prácticas agrícolas.

2.2. La agricultura y su relación con el suelo

2.2.1. Las prácticas agrícolas y sus efectos sobre las propiedades del suelo

Cairo y Fundora (2005) y Alamguer (2006) plantean que el laboreo continuo e intensivo y el uso de monocultivos en áreas agrícolas traen como consecuencia la degradación acelerada de los suelos; ya que el uso intensivo de los suelos provoca cambios en sus propiedades llegando afectar la capacidad productiva a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura.

Durán (1996) al realizar una revisión sobre el manejo ecológico de los suelos tropicales, señala que la temperatura siempre se mantiene elevada en los trópicos y por lo general, los promedios diarios están por encima de los 20º C, a lo que se une una alta radiación solar, elemento que ejerce una acción degradativa natural sobre el recurso suelo, que se incrementa cuando estos permanecen descubiertos por falta de una cobertura viva o muerta. En estos casos la temperatura puede elevarse en los suelos a más de 55º C, lo que unido a la influencia directa de los rayos solares, y las lluvias producen efectos degradativos en el suelo.

Existen varios factores que determinan la distribución de la MO en el perfil del suelo. El uso de especies arbóreas se produce una suplementación regular de Materia Orgánica (MO), incrementándose la actividad biótica del suelo, disminuyendo el impacto de las gotas de lluvias (Corbella, 2006; Simón *et al.*, 1998; Altieri, 1996 y Wildin, 1986). Además, incorporan nutrientes mediante la descomposición de materiales orgánicos, mejorando el reciclaje y por ende la productividad, sin necesidad de aplicación de cantidades importantes de agroquímicos (Ochoa *et al*., 2007, Gálvez, 2008, Altieri, 2004), evitando la destrucción de los agregados y la compactación, beneficiando la capacidad de infiltración, la capacidad de retención del agua y la restauración y conservación de los micro y macroorganismos del suelo (Simón *et al*., 1998, Pound, 1999, Kozlowski, 1998).

La compactación induce cambios en el balance nutricional y por consiguiente en el crecimiento de las plantas, decreciendo la actividad fotosintética como resultado de una pequeña área foliar e inhibición de los estomas. La caída natural de las hojas y las

podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, de luz y de nutrimentos para todos los componentes del sistema (Simón *et al.*, 1998, Pound, 1999, Kozlowski, 1998).

Botero *et al.* (1999) y Shibu (2009) reportan que los árboles y arbustos pueden mejorar las condiciones físicas del suelo como la porosidad, la densidad aparente y mantener la productividad mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el ambiente. (Murray *et al.,* 2011) plantean que mientras la relación MO con la densidad aparente se ve reflejada en su estructura, mientras está se ve favorecida en la medida que los sistemas con cobertura tienen aportes anuales de hojarasca suficiente como para modificar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mediante un incremento de la materia orgánica en la superficie y en el subsuelo.

2.2.2. Paradigmas tecnológicos de agricultura y sus efectos sobre las propiedades del suelo

2.2.2.1. La agricultura de altos insumos: modelo de agricultura moderna y convencional

En el desarrollo de la agricultura es necesario lograr una estabilidad en el ciclo biológico «clima-suelo-planta» para obtener los máximos beneficios de los recursos de los que se disponen para proteger y conservar el medio ambiente (Cairo *et al*., 1996).

Según Kolmans y Vásquez (1996) los métodos de la agricultura convencional moderna se basan en las prácticas inadecuadas utilizadas en la fertilidad del suelo entre las que se encuentran, la poca diversidad con el empleo de los sistemas de monocultivos, labranza inapropiada o innecesaria, inadecuado manejo de los residuales orgánicos y el excesivo uso de productos químicos.

Los fertilizantes químicos y el monocultivo trajeron un desequilibrio ecológico que transformó el equilibrio existente de insectos, malezas, hongos y microorganismos, creando y usando plaguicidas de origen sintético (Allen, 1992).

Por su parte el uso inadecuado de la maquinaria agrícola trae en primer lugar el fenómeno de la compactación, que limita absorción de agua de riego, además de que destruye las estructuras internas e invierte los perfiles, llevando a mayor profundidad a

los más fértiles y superponiendo a los menos fértiles, efecto este que incide negativamente en la microfauna beneficiosa (Ascanio, 2004, Vrindts *et al*., 2005).

Según Arrastía y Limia (2011), la degradación paulatina de la biodiversidad edáfica y su estructura, atenta no solo contra el crecimiento y desarrollo de los cultivos en el campo; sino también contra todas las actividades de producción en general; desde la preparación de los suelos y la efectividad de tecnologías de cultivo, hasta la cosecha en el campo, su transporte y almacenamiento para la exportación o consumo interno.

El 76,8 % de los suelos agrícolas cubanos están afectados por diferentes procesos de degradación, donde se conjugan factores de diversa índole que limitan el rendimiento de los cultivos a valores inferiores a un 70 %. Debido a ello, el 30,8 % del total de los suelos están clasificados en la categoría de pocos productivos, mientras que el 46 %, son considerados como muy pocos productivos (Alfonso y Carrobello, 2002). Entre los factores que afectan las áreas agrícolas en Cuba se encuentran, la salinidad, la erosión, el mal drenaje, baja fertilidad, compactación, acidez, muy bajo contenido de MO y la baja retención de humedad (Instituto de Suelos, 2001).

2.2.2.2 La agricultura de bajos insumos: alternativas orgánicas en el manejo de suelos

La agricultura intensiva influyo en un desequilibrio o desbalance en el sistema «suelo-planta» desfavorable para el suelo lo que contribuyó a su degradación en sus condiciones de vida y potencial productivo; entonces existió la necesidad de restituir a los suelos, al menos en parte, lo que se extrae de ellos con la producción agrícola como complemento y para satisfacer esas necesidades surgieron los abonos orgánicos que por la forma de obtención y por su composición química resultó el material ideal para mantener las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos y conservar su capacidad productiva (Paneque y Calaña, 2004) . Por la misma razón (Bot y Benites, 2005) plantean que el humus mejora estas propiedades de los suelos; por lo que los abonos orgánicos y abonos verdes aportan y constituye un importante mejorador para la fertilidad y el potencial de rendimiento de los suelos.

Raaa (2005) plantea que los abonos minerales o inorgánicos, aumentan la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos. Estos abonos se elaboran a partir de desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas; pudiendo consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados.

Entre las ventajas que presentan el empleo de abonos orgánicos se encuentra que permanecen en el suelo por largo tiempo, son más estables que los fertilizantes químicos y el suelo se manifiesta fértil por largo tiempo. Además estimulan el desarrollo de microorganismos benéficos del suelo y mejoran la relación suelo, agua, nutrientes, aire y demás elementos. Estos potencializan el suelo y estimulan la disposición de otros nutrientes facilitando la absorción de los otros por parte de las plantas al disponer de mayor cantidad de humedad y retener mayor cantidad de agua en el suelo manteniéndolo en su capacidad de campo, evitando la lixiviación (pérdida de otros nutrientes en el suelo), mejorando las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, actuando en la floculación de las partículas (compuesto de calcio más arcillas y elementos orgánicos), obteniéndose abonos orgánicos son productos obtenidos por la descomposición de la materia orgánica sometida a la acción aerobia de microorganismos no perjudiciales. La degradación de los suelos tiene una larga historia: tala, quema, monocultivo y abuso de la fertilidad de los mismos. Se sabe que la naturaleza necesita cerca de quinientos años para formar, a partir de los minerales primarios, un centímetro cúbico de suelo, pero se puede perder tres veces esa cantidad en un solo aguacero (Aborgánicos del Huila, 2004).

Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción depende, fundamentalmente, del mantenimiento de la productividad de los suelos a través del desarrollo, la restauración y mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, regulada en gran medida por la capacidad de reciclaje de los recursos

orgánicos y las actividades de los microorganismos, que deben ser favorecidas por las acciones del manejo que se realicen (Hernández, 2005).

2.3. La calidad del suelo

La calidad del suelo como concepto amplifica a los conceptos anteriores de fertilidad y salud del suelo y aunque en ocasiones han sido utilizados como equivalentes pero que no son sinónimos. La nutrición vegetal, básica para el desarrollo óptimo de los cultivos, depende de la capacidad del suelo para suministrar cada uno de los elementos nutritivos, en forma, cantidad y el momento adecuado que lo requieran. De ahí que se le denomina fertilidad del suelo a la capacidad del mismo para abastecer las necesidades de las plantas con los diferentes elementos nutritivos. Otros enfoques involucraron el tema de la salud del suelo, implicando los riesgos de enfermedades causadas por hongos del suelo que pueden afectar los rendimientos y la competencia con especies de arvenses cuyas semillas pueden encontrarse en el suelo por largos períodos de tiempo (Magdoff, 2004). Desde este enfoque, un suelo con buena calidad deben obtenerse cultivos sanos y altos rendimientos, con un mínimo de impactos negativos sobre el medio ambiente, brindando propiedades estables para el crecimiento y salud de los cultivos, haciendo frente a condiciones variables de origen humano y natural, principalmente las relacionadas con el clima, por lo que debe ser un suelo flexible y resistir el deterioro del impacto externo.

La calidad del suelo fue definida como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana. Actualmente, calidad del suelo como concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas a través de un conjunto de funciones y servicios que brinda; entre los cuales sobresalen sostener la producción de biomasa, provisión de hábitat, contribuir al flujo de energía y materiales en los ecosistemas mediante la transformación, filtración, amortiguación y reciclaje de estos, y mantener la salud de plantas, animales y del hombre, entre otros (Doran *et al*, 1996; Karlen *et al*., 1997; Ruiz *et al*., 2013). Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan

en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando.

La calidad del suelo no pueden ser medidas, sólo las prácticas de manejo pueden ser comparadas para determinar el estado de la calidad a través de algún indicador del suelo. De hecho, la mayoría de los estudios apuntan a comparar diferentes usos del suelo como sistemas de cultivos, prácticas culturales, prácticas de manejo forestal o la recuperación de los niveles del suelo. En estos estudios los indicadores físicos y químicos son los que más se usan, pero los indicadores biológicos del suelo también han sido referidos por Bastida *et al.* (2008); no existiendo consenso en indicadores universales pues la selección de estos dependen del enfoque del estudio que se realiza (Saviozzi *et al*., 2001; Burges, 1971; Pang *et al*., 2006; Wang y Marahatta, 2011).

2.4. La mesofauna como bioindicador de la calidad del suelo

La mesofauna del suelo está conformada por animales cuyo tamaño del cuerpo oscila entre 0.2 y 2.0 mm, y de quien no puede evaluarse la abundancia con la exactitud por medio de la selección manual de la tierra. Las arañas, nematodos, ácaros y colémbolos son representantes típicos del mesofauna, los mismos se localizan en dos círculos concéntricos, a 3 m y 6 m de radio del monolito, respectivamente, y ellos se complementan con la trampa, localizada a por lo menos 14 m del centro del monolito (Chocobar, 2010).

Los mesoinvertebrados del suelo se incluyen cada vez con mayor frecuencia en monitoreos y evaluaciones ambientales, como indicadores confiables de cambio ecológico, debido a su abundancia, diversidad, facilidad de recolección, respuesta rápida a perturbaciones del medio ambiente y a su papel funcional (Marín *et al.*, 2015).

La mesofauna del suelo interviene en los procesos de descomposición de la MO, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno. De manera general, ha sido empleada como bioindicador sensible para evaluar los efectos sobre la calidad debido a cambios en el uso del suelo y los niveles de intensificación agrícola (García y Bello, 2004).

Los insectos en el ámbito de género, familia y especie, tienen un hábitat muy específico, estando asociados con especies de plantas muy particulares así como tipos de suelos, otros grupos usan el suelo como sustrato para algunas fases de su ciclo de vida. La humedad del estrato de la hojarasca recién caída está estrechamente relacionada con las poblaciones de colémbolos (Burges, 1971, Prieto y Rodríguez, 1996), los que son capaces de comer hojas frescas sin el acondicionamiento previo de los microorganismos (Burges, 1971), contribuyen do a la formación de suelo ya que extraen materiales que son ingeridos hasta el intestino y producen heces fecales que son añadidas al suelo; que pueden ser un factor importante en la formación de humus y desempeñan un papel importante en la diseminación de los hongos. Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan, Usher *et al.* (2006) plantearon que muchos de los grupos que forman la mesofauna se consideran bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo, por ser muy sensibles a los cambios del medio edáfico, y llegan a establecer el estado de conservación de los suelos en diversos usos de la tierra.

Aunque la taxonomía de los individuos de la fauna del suelo es difícil y bastante diversa, pero es una nueva llave se ha puesto disponible recientemente (Weigmann, 2006). Ellos no tienen una influencia directa en la descomposición de material orgánico en el suelo, como son las especies de mesofauna de saprófagos como el que afectan el ciclo de nutrientes considerablemente (Römbke *et al*., 2009).

Genoy *et al.* (2013) encontraron que los ácaros pueden ser un indicador útil para evaluar el efecto de distintos tipos de manejo del suelo sobre las comunidades de la mesofauna. Estos autores explican que el rol de este grupo en los procesos del suelo es importante por lo que pueden ser una herramienta útil para monitorear la calidad del suelo en un ecosistema dado.

El rol de los ácaros oribátidos como bioindicadores en suelos agrícolas fue estudiado recientemente por (Behan-Pelletier, 1999). Este grupo de ácaros ha sido identificado como importantes facilitadores de la descomposición de la materia orgánica en interacción con la microflora, debido a que actúan sobre los restos de los animales y las plantas, fragmentándolos y haciéndolos más asequibles a la acción de los microorganismos (González, 2001, Socarrás, 2013).

Las raíces de las plantas, los hongos y la fauna son importantes constituyentes ecológicos del suelo, los que tienen una influencia sustancial en la dinámica del carbono y el reciclaje de nutrientes, además la fauna edáfica influye en la salud de las raíces de las plantas, pues reduce las afectaciones por patógenos.

la mesofauna, como parte de la biota edáfica, interviene en la descomposición de la MO, en la aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo (García y Bello, 2004 y Usher *et al.*, 2006)

Durante años la actividad benéfica de los organismos que habitan el suelo se ha visto drásticamente afectada por la acumulación de ciertas sustancias tóxicas que inducen al envenenamiento de la fauna presente (Febles *et al*., 1995) y por la aplicación indiscriminada de numerosos plaguicidas sistémicos, los cuales inciden en el comportamiento de algunas especies (Nivia, 1994).

Con la incorporación de abonos verdes, práctica común en la agricultura orgánica, varios estudios han mostrado que su uso incrementa la mesofauna del suelo y beneficia su conservación y diversidad (Kautz *et al*., 2006, Wang *et al*., 2011. También, se ha registrado que la incorporación de fuentes orgánicas como compost estimula el incremento de sus poblaciones (Socarrás y Rodríguez, 2001, Navarro *et al*., 2012).

El 90 % de la descomposición del carbono y la mayoría del humus presente en el suelo representa los productos metabólicos que son asumidos por los microorganismos, y se facilita por los animales como ácaros, miriápodos, lombrices y hormigas que desmenuzan los residuos y dispersan los propágulos; influyendo directa o indirectamente en la disponibilidad de fuentes de espacio físico y alimentos para otras especies, y causan cambios en el estado físico del suelo (Cairo *et al.,* 1994).

Los insectos en el ámbito de género, familia y especie, tienen un hábitat muy específico, estando asociados con especies de plantas muy particulares así como tipos de suelos, otros grupos usan el suelo como sustrato para algunas fases de su ciclo de vida. La humedad del estrato de la hojarasca recién caída está estrechamente relacionada con las poblaciones de colémbolos los que son capaces de comer hojas frescas sin el acondicionamiento previo de los microorganismos, contribuyen do a la formación de suelo ya que extraen materiales que son ingeridos hasta el intestino y producen heces fecales que son añadidas al suelo; que pueden ser un factor importante en la formación de humus y desempeñan un papel importante en la diseminación de los hongos (Burges, 1971 y Prieto, 1996). Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

2.4.1. Ácaros y colémbolos como bioindicadores de la calidad del suelo

Los ácaros y colémbolos conforman la mayoría de la población de mesofauna del suelo. Además su abundancia y presencia de algunos grupos específicos de ácaros oribátidos y colémbolos (Entomobryidae e Isotomidae) muestran respuestas positivas con el manejo agroecológico a través del tiempo. En este estudio, los ácaros y colémbolos mostraron sensibilidad a los cambios que ocurrieron en el sistema agrícola, debido a modificaciones en sus fuentes de alimento, humedad y condiciones físico-químicas del hábitat (Marín *et al.* 2015).

Las poblaciones de ácaros y colémbolos han demostrado relación con cambios en el suelo debidos a la intervención humana, siendo asociadas la densidad y composición de estas poblaciones tanto con características físicas y químicas del suelo así como con el tipo de vegetación que sustenta (Barrios, 2007 y Bedano *et al.*, 2011).

Los ácaros son indicadores potencialmente poderosos, tanto de la naturaleza como de la perturbación del ecosistema. Esta afirmación se basa en su abundancia, ya que alcanzan varios cientos de miles de individuos por metro cuadrado (Behan-Pelletier, 1999).

Estudios desarrollados por en el occidente cubano, en suelos Ferralíticos Rojos de las provincias de Artemisa y Mayabeque reportan que existe decrecimientos notables en las poblaciones de ácaros en las plantaciones cañeras en comparación con otros tipos de usos del suelo, tales como bosques, pastizales y áreas de cultivos varios.

Los ácaros y colémbolos son sensibles al contenido de MO, el porcentaje de humedad, el pH, las prácticas agrícolas realizadas por el hombre y el uso de insecticidas.

Los ácaros de Oribátidos son sedentarios, en contraste con otros grupos más oportunistas como los colémbolos. Estos artrópodos son numéricamente dominantes en los horizontes orgánicos de la mayoría de la tierra; su densidad puede alcanzar ciento de los miles de individuos por m^2, con una diversidad de especies también muy alta y en suelos perturbados, ellos pueden estar entre 50 y 100 especies. Estos ácaros alimentados de materia vivas o de plantas muertas y de carroña; también se alimentan de hongos y algas. Sus heces fecales mantienen una superficie ancha de descomposición primaria para hongos y bacterias, y a su vez constituyen un componente íntegro de estructura del suelo; después de muertos, ellos se devuelven el nitrógeno al mismo, además influyen en el ciclo de nutriente acelerado y la descomposición del carbono y modificación de suelo en la dinámica de la MO, estabilidad de los agregados aumentada y macro-porosidad y su vez una influencia en la abundancia y diversidad de numerosos microorganismos (Karg, 1963 y Socarrás 2013).

Por su parte, señala que los ácaros gamasinos son depredadores que ejercen un control sobre las poblaciones de nemátodos y otros microartrópodos edáficos. Este taxón es sensible a los suelos perturbados y a los cambios desfavorables en las precipitaciones y en la humedad del suelo, lo cual puede deberse a la fragilidad de su cuerpo. Estas características lo convierten en un buen indicador de la calidad de los suelos, al presentar una mayor abundancia en los que están menos perturbados.

Los colémbolos son un grupo muy importante de la mesofauna como indicadores de la biodiversidad, probablemente por ser animales propiamente edáficos, muy poco independientes del suelo y poseen un gran número de especies adaptadas a diferentes nichos ecológicos en el suelo. Breure (2004) resalta que la estabilidad y la actividad de

las funciones ecológicas son dependientes de la estabilidad de los alimentos del suelo, de tal forma que cuando incrementa la estabilidad de los alimentos, incrementa el número de interacciones entre los organismos y sus poblaciones.

Las poblaciones de colémbolos dependen de la conjugación de los factores MO y humedad, y son susceptibles a las perturbaciones del medio. Ellos desempeñan un papel decisivo en el reciclaje de los restos orgánicos y son capaces de fraccionar y triturar los restos vegetales, lo que facilita la implantación de la microflora. Por otra parte también intervienen en la formación de humus en forma similar al rol de las lombrices de tierra; muchos suelos incorporan millones de bolitas de heces fecales de colémbolos que benefician las raíces, por la liberación continua de nutrientes, en la medida que estas son desintegradas por los microorganismos edáficos. Además, participan en el control de hongos patógenos y con ello disminuyen las concentraciones fungosas en los cultivos y a su vez, constituyen indicadores del pH y la humedad del suelo; así como a la presencia de productos químicos (Chocobar, 2010 y Socarrás, 2013).

Guillen *et al.* (2006) reportaron una relación entre las poblaciones de algunas especies de colémbolos y algunos indicadores físicos (resistencia a la penetración), químicos (pH y materia orgánica) y biológicos (biomasa microbiana), demostrando cambios en la estructura de las comunidades de colémbolos por efecto de los cambios en estas las variables debido a diferentes tipos de uso del suelo. Por ello, recomendaron que los colémbolos sean utilizados como un bioindicador de calidad del suelo y de manejo de los ecosistemas.

Los colémbolos de las familias *Entomobryidae* y *Isotomidae* han sido asociadas a suelos manejados con alternativas agroecológicas a partir de diferentes tipos de abonos orgánicos, atribuyendo este aumento a la entrada de materia orgánica al suelo, mejores condiciones físicas y suministro de alimento (Socarrás y Rodríguez, 2001).

2.4.2. Índices de la mesofauna como bioindicadores de la calidad de los suelos

La relación Acari/Collembola desarrollada por Mateos (1992) puede ser útil para determinar el grado de perturbación en los ecosistemas. Cuando esta relación es favorable a los colémbolos, grupo indicador de la fertilidad y estabilidad del medio edáfico, se considera que el ecosistema está conservado y es estable; mientras que si

los más abundantes son los ácaros, habría que hacer un análisis de qué grupo de ácaros está dominando y cuál es su función en el suelo.

Por otro lado Karg (1963) propuso el balance Oribatida/Astigmata, debido a la estrecha relación entre las densidades de oribátidos y astigmados, ya que mientras unos aumentan los otros disminuyen; de ahí la importancia de este balance para medir el grado de desequilibrio entre las biocenosis edáficas. (Bedano *et al*., 2011) establecieron como efectiva la relación de ácaros de los géneros Astigmada/Mesostigmada para predecir la inestabilidad del medio edáfico. Si existe una fuerte presencia del grupo como indicador de inestabilidad, se puede inferir que el medio está alterado e inestable.

El índice universal de calidad del suelo es basado en los efectos de la intervención agrícola sobre la mesofauna del suelo, dado el vínculo entre esta y las funciones que este realiza dentro del ecosistema. Los invertebrados han sido relacionados con la formación del suelo y el ciclo de nutrientes; de ahí su potencial como un indicador de calidad y la respuesta funcional y rápida debido a los cambios en las propiedades del suelo. Su uso es particularmente pertinente cuando los suelos tienen potencial agrícola bajo y los campesinos presentan un acceso pobre a los insumos (Marín *et al.*, 2015).

Socarrás (2013) analizó retrospectivamente varios estudios que evaluaban el efecto de diferentes usos agrícolas y no agrícolas del suelo en los componentes de la mesofauna y concluyó que los grupos de la mesofauna del suelo son muy sensibles a los cambios que ocurren en el medio edáfico, ya sean estos por causas naturales o antrópicas. Esta autora sugiere que las relaciones entre los diferentes grupos tróficos y funcionales de la mesofauna se deben considerar como un índice y no un valor fijo, mencionando como los más usados a los índices oribátidos/astigmados, oribátidos/prostigmados y ácaros/colémbolos. Estos balances permiten predecir y evaluar las transformaciones en el medio edáfico causadas bien por causas naturales como por diferentes actividades humanas, a la vez que contribuyen a considerar integralmente el funcionamiento del ecosistema.

En Cuba aún son insuficientes los estudios que han hecho énfasis en la separación de los grupos funcionales de la mesofauna edáfica para el análisis de su función en los ecosistemas. En este sentido se pueden mencionar algunos trabajos desarrollados por

Socarrás y Robaina (2011), ambos sobre suelos Ferralíticos de Artemisa y Mayabeque además de Oumaru (2015), Marrero (2015) en suelos Pardos Mullidos medianamente lavados de Santa Clara.

3. Materiales y Métodos

3.1. Caracterización de las áreas de estudio y muestreo de suelos

El estudio se realizó en diferentes ecosistemas del municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara (región central de Cuba) con homogeneidad edafo-climática. Las áreas se seleccionaron sobre suelos Pardos mullidos medianamente lavados (Hernández *et al*., 1999).

La investigación tuvo como base el análisis de escenarios comparados en el cual cada escenario correspondió grupos de 31 campos con diferentes prácticas agrícolas relacionadas con el laboreo del suelo y la fertilización. Se agruparon los campos en tres agroecosistemas para el presente estudio, para lo cual se partió de estudios previos realizados en la región enfocados en la caracterización de los sistemas agrícolas del municipio Santa Clara y de las prácticas agrícolas que realizan (McCune *et al*., 2011; Rubio, 2012; Ruiz *et al*., 2013). Se identificaron así tres agroecosistemas:

1. Agroecosistema de campesisnos privados con bajos insumos y vinculados al Movimiento Agroecológico “Campesino a Campesino” de la ANAP. Este grupo se caracteriza por un uso intensivo del área, fertilización de fuentes orgánicas y empleo de biofertilizantes, preparación de suelo y labores de cultivo con tracción animal, con amplio uso de rotaciones de cultivo y asociaciones, no aplicaciones de agroquímicos y microorganismos benéficos en el control de plagas. Para conformar este grupo se tomaron 5 fincas de campesinos privados caracterizados previamente en su manejo y de 3 fincas se tomaron 2 campos que han sido manejados durante más de 15 años según lo anteriormente descrito; mientras que de las otras 2 restantes se tomaron 3 campos para el estudio. En total se evaluaron 12 campos en este agroecosistema.
2. Agroecosistema de campesinos privados con alto consumo de insumos. Este grupo fue caracterizado también por un uso intensivo del área, fertilización química frecuente pero combinada en ocasiones con fertilización de fuentes orgánicas, preparación de suelo y labores de cultivo con tracción animal y en ocasiones con tractores, con rotaciones de cultivo y presencia de asociaciones,

aplicaciones frecuentes de agroquímicos. Para conformar este grupo se tomaron 5 fincas de campesinos privados caracterizados previamente en su manejo y de cada finca 2 campos que han sido manejados durante más de 15 años según lo anteriormente descrito. En total se evaluaron 10 campos en este agroecosistema.

3. Agroecosistema estatal con alto insumos (Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú"). Este grupo fue caracterizado por estos autores por un uso intensivo del área, fertilización química frecuente y muy limitada fertilización de fuentes orgánicas, preparación de suelo y labores de cultivo mecanizados con equipos automotores, con rotaciones de cultivo limitadas, no presencia de asociaciones, aplicaciones frecuentes de agroquímicos. Para conformar este grupo se tomaron 2 granjas de la empresa caracterizadas previamente en su manejo por los autores citados y de cada granja 4 campos que han sido manejados durante más de 15 años según lo anteriormente descrito. En total se evaluaron 8 campos en este agroecosistema.
4. Sistema natural (Patrón de referencia). El ecosistema natural seleccionado se caracteriza por la predominancia de una vegetación secundaria establecida de forma natural y espontánea y que no ha tenido intervención antrópica por más de 20 años.

Una descripción más detallada e individual de cada finca seleccionada se muestra en el Anexo 1.

Los muestreos de suelo se realizaron entre noviembre de 2015 y enero de 2016. De todos los campos y del área natural se tomaron 4 muestras compuestas conformadas a partir de 10 submuestras. La profundidad de muestreo seleccionada fue de 0-20 cm. En total se tomaron 48 de las muestras del agroecosistema privado de bajos insumos, 40 muestras del agroecosistema privado de altos insumos, 32 muestras del agroecosistema estatal con altos insumos y 4 muestras del sistema natural.

3.2. Análisis químicos realizados

Los análisis químicos fueron realizados para cada muestreo realizado y se siguieron las técnicas que a continuación se describen:

- $pH_{(H2O)}$ y $pH_{(KCl)}$: Se determinó por el método potenciométrico, en relación de suelo: solución 1: 2,5 según Hesse (1971).

- Materia Orgánica (MO): Se determinó por el Método colorimétrico de Walkley y Black (1947) por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.

Estos análisis químicos se realizaron según la Norma Ramal 279 del MINAGRI (NRAG 279, 1980).

- Fósforo disponible en el suelo (P Olsen): El fósforo (P) se determinó por el método de Olsen, con una solución extractiva de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) 0,5 M a pH 8,5 determinándose sus concentraciones de P por el método colorimétrico con ácido ascórbico.

3.3. Extracción de la mesofauna del suelo y su clasificación

3.3.1. Extracción de la mesofauna del suelo

Para la extracción de los ácaros y los colémbolos del suelo se siguió la metodología descrita por Bayer (2006). Para ello, se tomó una muestra representativa de 300 g de suelo y se colocó en un embudo de Berlese. La trampa de Berlese está dividida en dos partes, la parte superior se usa como embudo trampa, suspendida en un soporte universal, y la parte inferior que contiene el alcohol al 70%. La muestra de suelo se colocó en esta trampa durante 24 horas bajo una luz ligera de 70 watts. Seguidamente se retiró la parte superior y se tomó la parte inferior que contiene la mesofauna fijada en el alcohol a 70%. Luego se depositaron las muestras inmersas en alcohol en una placa Petri y se trasladaron para la identificación de los diferentes grupos al microscopio estereoscópico NOVEL.

3.3.2 Identificación de los principales grupos y especies de ácaros y colémbolos del suelo

La identificación de la mesofauna del suelo se realizó empleando la clasificación taxonómica de fauna del suelo de Cuba. Para el colémbolos se empleó la clave dicotómica para la determinación de Colémbolos de Cuba propuesta por Díaz *et al.*

(2004) y para los ácaros se emplearon las claves descritas por Doreste (1984) y Bayartogtokh (2000).

3.4. Análisis estadísticos

A partir de los análisis realizados, se construyó una base de datos en Excel para el análisis de los indicadores químicos y de la mesofauna en los sistemas seleccionados.

Primeramente se realizó un análisis multifactorial donde se aprecia que solo el factor Sistema fue quien determinó la variabilidad entre las variables estudiadas. Por lo que se realizó un análisis de varianza simple (one way ANNOVA) para cada variable según sistema. Se empleó la prueba DMS (diferencia mínima significativa) para $P < 0.05$ en todos los casos. Para el análisis de los grupos de la mesofauna se realizó además un análisis de frecuencia. Se realizó un análisis de correlaciones entre los indicadores químicos y los componentes de la mesofauna para evaluar las interacciones entre estas variables.

El procesamiento estadístico se realizó empleando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21 sobre Windows 7.

4. Resultados y Discusión

4.1. Evaluación de los indicadores químicos de los suelos en los ecosistemas estudiados

Los resultados de los análisis químicos realizados a los suelos en los ecosistemas evaluados denotaron diferencias significativas entre ellos (tabla 1). El $pH_{(H2O)}$ y el $pH_{(KCl)}$ difirieron significativamente entre los sistemas evaluados. De acuerdo con los parámetros de López *et al.* (1981), el $pH_{(H2O)}$ cualifica como neutro en los suelos de los agroecosistemas privados y en el ecosistema natural, mientras que tiende a una ligera alcalinidad en los suelos de los campos del agroecosistema estatal con altos insumos. Por su parte, el $pH_{(KCl)}$ se mantiene neutro en los suelos del ecosistema natural, de los agroecosistemas estatal con altos insumos y de los agroecosistemas privados con bajos insumos, mientras que es ligeramente ácido en los suelos de los agroecosistemas privados con altos insumos. Sin embargo, estas diferencias no siempre son estadísticamente significativas y en los casos que así lo son, no representan una gran variación del pH en entre estos grupos.

Tabla 1: Indicadores químicos en los ecosistemas evaluados

Sistemas	**$pH_{(H2O)}$**	**$pH_{(KCl)}$**	**MO *(%)***	**P Olsen *(mg 100 g^{-1})***
Agroecosistemas con bajos insumos	7.24^{b}	6.12^{b}	2.11^{c}	3.26^{b}
Agroecosistemas privados con altos insumos	6.84^{c}	5.99^{b}	2.11^{c}	3.84^{a}
Agroecosistemas estatales con altos insumos	7.67^{a}	6.83^{a}	2.44^{b}	1.42^{c}
Ecosistema Natural	7.36^{ab}	6.70^{a}	3.54^{a}	1.29^{c}

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre los sistemas agrícolas según prueba de DMS (Diferencia Mínima Significativa) para P<0.05.

Cairo *et al*. (2012) encontraron valores similares de pH en un suelo Pardo Mullido medianamente lavado bajo diferentes usos (pasto vs. sistemas silvopastoriles y bosque vs. áreas cultivadas), refiriendo que a pesar de que en ocasiones las diferencias

encontradas en la reacción del suelo son significativas, éstas no representan mucho desde el punto de vista cualitativo.

En cuanto al contenido de materia orgánica del suelo se encontraron diferencias significativas entre los agroecosistemas, siendo superior en el ecosistema natural con respecto al resto de los agroecosistemas. Los agroecosistemas privados tanto de bajo como altos insumos no difirieron entre sí y mostraron los valores más bajos de MO, mientras que en el agroecosistema estatal se apreció un contenido de MO intermedio entre el ecosistema natural y los restantes agroecosistemas, difieriendo significativamente de todos ellos. Sin embargo, los contenidos de MO en todos los agroecosistemas pueden calificarse como bajo, mientras que es medio en el ecosistema natural (López *et al.,* 1981).

Karlen *et al.* (1997) resaltan que este indicador químico afecta varios procesos en él como son el ciclo de nutrientes, los pesticidas, la retención del agua y la estructura del suelo. Sin embargo, los mecanismos por los cuales se estabilizan los tenores de esta en el suelo son pobremente comprendidos aún, en parte debido al rol y complejidad de numerosos factores que interactúan entre sí durante este proceso, entre los cuales podemos mencionar factores climáticos, de la propia naturaleza de los suelos, del manejo agrícola, de la biota edáfica, entre otros (John, 2003).

En cuanto a los contenidos de fósforo asimilable se encontraron diferencias significativas entre las áreas evaluadas. De acuerdo con la escala empleada por Chacón (2014) la disponibilidad de este elemento puede calificarse como media en los campos del agroecosistema estatal de altos insumos y el sistema natural, mientras que sus niveles son satisfactorios en los agroecosistemas privados tanto de bajo como de altos insumos. Los agroecosistemas privados con altos insumos presentaron los mayores contenidos de este elemento, seguidos de los agroecosistemas privados de bajos insumos con diferencias significativas entre ellos. Esto pudiera deberse a la aplicación de la aplicación de humus de lombriz y materiales orgánicos al suelo que se realizan con frecuencia en estos sistemas agrícolas.

4.2. La mesofauna del suelo

4.2.1. Poblaciones totales de ácaros y colémbolos del suelo

En la Figura 1 se observa cómo se comportan las poblaciones de ácaros del suelo en los sistemas evaluados. Las mayores poblaciones de ácaros se presentaron en el ecosistema natural seguido de los campos del agroecosistema privado de bajos insumos con tuvo diferencias significativas. En los campos de los agroecosistemas que emplean altos insumos se apreció una disminución significativa de las poblaciones de ácaros con respecto al sistema natural y a los agroecosistemas de bajos insumos; sin embargo, entre ellos no hubo diferencias significativas.

Genoy *et al.* (2013) explican que los ácaros son componentes de la mesofauna son indicadores potencialmente poderosos, tanto de la naturaleza como de la perturbación del ecosistema, siendo un indicador útil para evaluar el efecto las diferentes prácticas agrícolas sobre las comunidades de la mesofauna del suelo.

Estudios desarrollados por Socarrás y Robaina (2011) en el occidente cubano, en suelos Ferralíticos Rojos de las provincias de Artemisa y Mayabeque reportan decrecimientos notables en las poblaciones de ácaros de las plantaciones cañeras en comparación con otros tipos de usos del suelo, tales como bosques, pastizales y áreas de cultivos varios.

En las poblaciones de colémbolos, en la Figura 1 se apreció una situación similar a la de ácaros. En este grupo difirió significativamente el ecosistema natural con el resto de los agroecosistemas. El agroecosistema privado de bajos insumos difiere también significativamente de los otros agroecosistemas estudiados, no existiendo diferencias significativas entre los dos agroecosistemas restantes.

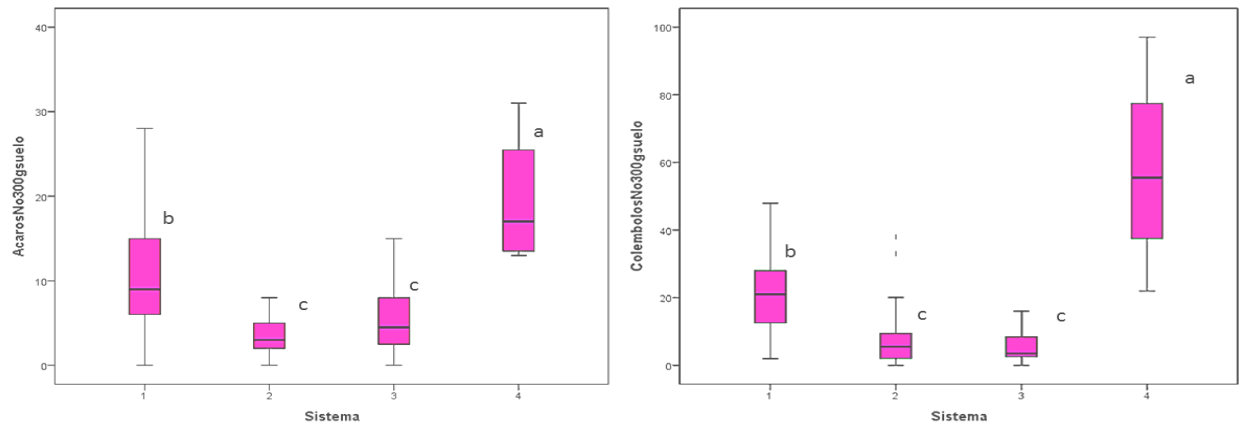

Figura 1. Número de ácaros y colémbolos por sistemas agrícolas de Santa Clara, (1) indica agroecosistemas privados con baja entrada de insumos externos; (2) agroecosistemas privados con alta entrada de insumos externos; (3) agroecosistema estatal con alta entrada de insumos externos y (4) ecosistema natural. Diferentes letras indican diferencias significativas entre ecosistemas estudiados según prueba DMS (P<0.05).

Los colémbolos constituyen un grupo muy importante de la mesofauna, probablemente por ser animales propiamente edáficos, muy poco independientes del suelo y poseer un gran número de especies adaptadas a diferentes nichos ecológicos en el suelo. Según Breure (2004) la estabilidad y la actividad de las funciones ecológicas son dependientes de la estabilidad de los alimentos del suelo, de tal forma que cuando incrementa la estabilidad de los alimentos, incrementa el número de interacciones entre los organismos y sus poblaciones.

De manera general, algunos índices han sido desarrollados para evaluar los efectos positivos o negativos de las prácticas agrícolas sobre los colémbolos y ácaros del suelo. Socarrás (2013) explica que la relación Acari/Collembola desarrollada por Mateos (1992) puede ser útil para determinar el grado de perturbación en los ecosistemas. Cuando esta relación es favorable a los colémbolos, grupo indicador de la fertilidad y estabilidad del medio edáfico, se considera que el ecosistema está conservado y es estable; mientras que si los más abundantes son los ácaros, habría que hacer un análisis de qué grupo de ácaros está dominando y cuál es su función en el suelo.

Tabla 2. Relación entre colémbolos y ácaros totales en los ecosistemas estudiados

Sistemas agrícolas	No de ácaros 300 g^{-1} de suelo	No de Colémbolos 300 g^{-1} de suelo	Relación Colémbolos/ Ácaros
Agroecosistemas con bajos insumos	10,88[b]	22,56[b]	2,07
Agroecosistemas privados con altos insumos	3,50[c]	8,83[c]	2,52
Agroecosistemas estatales con altos insumos	5,25[c]	6,03[c]	1,15
Ecosistema Natural	19,50[a]	57,50[a]	2,95

Diferentes letras indican diferencias significativas entre ecosistemas estudiados según prueba DMS ($P<0.05$).

Como se aprecia en la Tabla 2 en todos los ecosistemas estudiados las poblaciones totales de colémbolos superan a las de ácaros, lo que resulta un buen indicador de acuerdo con lo planteado en el párrafo anterior. Sin embargo, se aprecia una disminución en los valores nominales de esta relación, lo que sugiere que las prácticas agrícolas pueden influir en el balance de estas poblaciones y que debe estudiarse a mayor profundidad esta relación, específicamente en el análisis de la composición interna entre los principales grupos de ácaros y colémbolos del suelo encontrados.

4.2.2. Identificación de los principales grupos de ácaros y colémbolos de la mesofauna del suelo en los ecosistemas estudiados

Dentro de la población de ácaros los principales órdenes identificados fueron: Oribátidos, Prostigmatas, Mesostigmatas y Gasamidas (Anexo 3).

En el agroecosistema privado de bajos insumos los oribátidos nunca excedieron el 25 % de frecuencia de observación pero fueron el grupo más observado de conjunto con el orden Mesostigmata donde el 43,8% de las muestras presentaron al menos 1 individuo. Los ácaros gasamidas y prostigmatidas tuvieron una tendencia a no aparecer en los agroecosistemas privados, ya fuesen de bajos o altos insumos. Los mesostigmatas,

tampoco fueron observados con frecuencia en los agroecosistemas privados de altos insumos, con ausencia en el 80% de las muestras observadas en este agroecosistema.

En el agroecosistema estatal de altos insumos no se presentaron ácaros gasamidas (71,9 % de observaciones nulas), prostigmatas (87,5 % de observaciones nulas) y mesostigmatas (56,3 % de observaciones nulas). No obstante, los ácaros oribátidos se observaron entre 4 y 5 individuos en un 62,5 % de las muestras siendo este grupo los que más se presentaron en este agroecosistema.

En cuanto a el sistema natural se evidenció la presencia de todos los grupos de ácaros lo que evidencia una mayor diversidad en las poblaciones de ácaros, aunque debe señalarse la mayor frecuencia de observación en el grupo de los oribátidos donde más del 50% de las muestras presentaron 10 individuos.

Los ácaros oribátidos como bioindicadores en los suelos agrícolas se estudiaron por Behan-Pelletier (1999). Este grupo de ácaros han sido identificados como facilitadores importantes de la descomposición de la materia orgánica en la interacción con el microflora, porque ellos actúan en los restos de los animales y las plantas, además rompen los fragmentos haciéndolos más económica la acción de los microorganismos. Estos individuos son sensibles al volumen de materia orgánica, el porcentaje de humedad, el pH y las prácticas agrícolas llevadas a cabo por el hombre además del uso de insecticidas (González, 2001, Socarrás, 2013). Por otro lado, los ácaros gasamidas son depredadores que ejerce un control sobre las poblaciones de los nemátodos y otros micro-artrópodos edáficos (Socarrás, 2013). Este taxón es sensible a los suelos perturbados, que puede estar dado por la fragilidad de su cuerpo. Estas características lo transforman en un buen indicador de calidad del suelo, presentándose en abundancia en aquéllos sistemas menos perturbados (Chocobar, 2010).

En el caso los colémbolos, los principales órdenes identificados fueron Isotomidae y Entomobrydae.

En el agroecosistema privado con bajos insumos la presencia de colémbolos del orden Isotomidae tuvo una frecuencia de observación superior con más de un 80% en las muestras observadas. En contraste, en el agroecosistema privado con altos insumos casi no se observaron individuos del orden Entomobrydae (82 % de observaciones

nulas) y se observó una baja frecuencia de individuos del orden Isotomidae en el 65% de las muestras observadas. En el agroecosistema estatal no se observaron individuos del orden Entomobrydae (84,4 % de observaciones nulas), denotándose además, una baja presencia de individuos (1 a 5 individuos) del orden Isotomidae en un 59,4% de las muestras observadas. En el sistema natural se observó la presencia frecuente de ambos órdenes, siendo los individuos del orden Isotomidae los de mayor número individuos observados.

Los colémbolos son un grupo muy importante del mesofauna como los indicadores de la biodiversidad, probablemente por ser propiamente individuos no muy independientes del suelo y poseen un gran número de especies adaptadas a nichos ecológicos diferentes en el suelo. Los colémbolos de las familias de Entomobryidae y Isotomidae han sido asociados como una alternativa agro-ecológica para comenzar con el arranque alternativo de los tipos diferentes manejo orgánicos, atribuyendo este aumento a la entrada de materia orgánica en el suelo, asociado a condiciones físicas y suministro de alimentos (Socarrás y Rodríguez, 2001).

Breure (2004) destaca que la estabilidad y la actividad de sus funciones ecológicas son dependientes de la estabilidad de alimentos en el suelo, de tal una manera que cuando aumenta la estabilidad de los alimentos, aumenta el número de interacciones entre los organismos y sus poblaciones.

Las poblaciones de colémbolos depende de la unión de los factores como materia orgánica y la humedad, siendo susceptibles a las interferencias de los medios (Chocobar, 2010). Ellos actúan en el recicle de los restos orgánicos y fraccionando la verdura permanente, lo que facilita la instalación del microflora (Socarrás, 2013), ellos también tienen la influencia en la formación de humus en el formulario similar a la lista de los gusanos de tierra; en muchos suelos son incorporados millones de pelotillas fecales de colémbolos en el suelo que beneficia la cosecha, y la liberación continua de nutrientes, en la medida que éstos se desintegran por los microorganismos del medio edáfico (Chocobar, 2010). Por otro lado, también participan en el control de hongos patógenos y disminuyen las concentraciones de hongo en los cultivos. A su vez,

constituyen indicadores de pH de la tierra y humedad; así como también la presencia de productos químicos (Socarrás, 2013).

Guillén *et al.* (2006) relacionaron algunas especies de los colémbolos con la resistencia a la penetración, el pH, la materia orgánica y la biomasa microbiana. Estos autores demostraron cambios en la estructura de las comunidades de los colémbolos por el efecto de los cambios en estas variables debido a los tipos diferentes de uso del suelo. Por ello estos autores recomendaron que los colémbolos puedan ser usados como un bioindicador de calidad del suelo y del efecto del manejo de ecosistemas.

Socarrás (2013) analizó varios estudios que evaluaron el efecto de diferentes sistemas agrícola y no el uso del suelo en el componente de la mesofauna retrospectivamente y concluyó que los grupos de la mesofauna del suelo son muy sensibles a los cambios que aparecen en el medio edáfico, ya sea éstos para causas naturales o antrópica.

4.3. Evaluación de la relación entre los indicadores químicos y grupos de la mesofauna evaluados

Del análisis general de las correlaciones realizadas puede concluirse que cuando ascienden los niveles de MO se incrementan las poblaciones de colémbolos totales ($P<0.05$), y en específico, el orden Entomobrydae ($P<0.01$). Sin embargo, el orden Entomobrydae puede verse afectado de forma negativa por incrementos en el P Olsen, de acuerdo con la correlación que muestra en la Tabla 3a ($P<0.05$).

Tabla 3a. Correlaciones generales

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
Prostigmata	Correlación de Pearson	-,027	-,082	,124	,015
	Sig. (bilateral)	,765	,365	,170	,867
	N	124	124	124	124
Mesostigmata	Correlación de Pearson	,075	-,019	,078	-,114
	Sig. (bilateral)	,408	,834	,390	,208
	N	124	124	124	124
Oribatidos	Correlación de Pearson	,077	-,026	,102	-,083
	Sig. (bilateral)	,397	,773	,262	,362
	N	124	124	124	124
Gasamidas	Correlación de Pearson	,008	-,055	,104	-,086
	Sig. (bilateral)	,929	,548	,252	,345
	N	124	124	124	124
AcarosNo300gsuelo	Correlación de Pearson	,062	-,038	,107	-,092
	Sig. (bilateral)	,493	,678	,237	,311
	N	124	124	124	124
Entomobryidae	Correlación de Pearson	-,077	-,099	**,307****	**-,180***
	Sig. (bilateral)	,397	,275	,001	,045
	N	124	124	124	124
Isotomidae	Correlación de Pearson	-,139	-,161	,153	,063
	Sig. (bilateral)	,124	,074	,090	,487
	N	124	124	124	124
ColembolosNo300gsuelo	Correlación de Pearson	-,132	-,156	**,199***	,009
	Sig. (bilateral)	,143	,084	,027	,925
	N	124	124	124	124

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

Al realizar el análisis de correlaciones dentro de los grupos predefinidos en la investigación, de acuerdo con prácticas agrícolas comunes que realizan, se puede obtener una interpretación más detallada de estas interacciones.

En el agroecosistema de bajos insumos (Tabla 3b) se encontró que el $pH_{(KCl)}$ y el P Olsen mantienen una correlación negativa significativa con el orden de colémbolos Entomobrydae (P<0.05), sugiriendo que este grupo es sensible a las variaciones que en estos indicadores pudieran darse producto de las prácticas agrícolas realizadas en este grupo.

Tabla 3b. Correlaciones en el agroecosistema de bajos insumos

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
Prostigmata	Correlación de Pearson	-,108	-,163	-,068	,148
	Sig. (bilateral)	,465	,267	,645	,314
	N	48	48	48	48
Mesostigmata	Correlación de Pearson	-,055	-,142	-,025	-,079
	Sig. (bilateral)	,710	,336	,868	,592
	N	48	48	48	48
Oribátidos	Correlación de Pearson	,048	-,027	-,105	-,125
	Sig. (bilateral)	,747	,856	,478	,395
	N	48	48	48	48
Gasamidas	Correlación de Pearson	-,075	-,134	-,031	-,005
	Sig. (bilateral)	,613	,365	,833	,976
	N	48	48	48	48
AcarosNo300gsuelo	Correlación de Pearson	-,024	-,105	-,076	-,068
	Sig. (bilateral)	,872	,475	,609	,645
	N	48	48	48	48

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
	Correlación de Pearson	-,259	**-,331***	-,009	**-,327***
Entomobryidae	Sig. (bilateral)	,075	,021	,949	,023
	N	48	48	48	48
	Correlación de Pearson	-,157	-,067	-,023	,169
Isotomidae	Sig. (bilateral)	,287	,649	,876	,251
	N	48	48	48	48
	Correlación de Pearson	-,196	-,130	-,023	,084
ColembolosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,182	,377	,878	,570
	N	48	48	48	48

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

En el agroecosistema privado con altos insumos (tabla 3c) se apreciaron correlaciones negativas significativas entre el P y los grupos de ácaros Mesostigmata y Gasamida, que influyen negativamente en las poblaciones totales de ácaros (P<0.05), así como también se evidencia la correlación negativa de este mismo indicador químicos con el grupo Entomobrydae de los colémbolos (P<0.05).

Tabla 3c. Correlaciones en el agroecosistema privado de altos insumos

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
	Correlación de Pearson	-,168	-,180	,215	-,219
Prostigmata	Sig. (bilateral)	,300	,265	,183	,175
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	,182	,143	-,002	**-,325***
Mesostigmata	Sig. (bilateral)	,261	,378	,988	,041
	N	40	40	40	40

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
	Correlación de Pearson	,093	,119	,121	-,301
Oribátidos	Sig. (bilateral)	,568	,465	,456	,059
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	-,113	-,133	,212	**-,343***
Gasamida	Sig. (bilateral)	,486	,412	,189	,030
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	,082	,085	,139	**-,382***
AcarosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,613	,604	,393	,015
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	-,156	-,109	,256	**-,315***
Entomobryidae	Sig. (bilateral)	,338	,502	,111	,047
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	-,264	-,259	,281	-,245
Isotomidae	Sig. (bilateral)	,100	,107	,078	,127
	N	40	40	40	40
	Correlación de Pearson	-,255	-,243	,288	-,267
ColembolosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,112	,131	,071	,095
	N	40	40	40	40

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

En el caso del agroecosistema estatal de altos insumos (tabla 3d) se apreció que el orden Entomobrydae es afectado significativamente (P<0.05) y de forma negativa por los cambios en el $pH_{(KCl)}$.

Tabla 3d. Correlaciones en el agroecosistema estatal de altos insumos.

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
	Correlación de Pearson	-,265	-,162	,243	,340
Prostigmata	Sig. (bilateral)	,143	,377	,179	,057
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,334	-,166	,238	,281
Mesostigmata	Sig. (bilateral)	,061	,363	,189	,119
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,278	-,219	,004	,243
Oribatidos	Sig. (bilateral)	,124	,229	,981	,180
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,184	,046	,267	,092
Gasamidas	Sig. (bilateral)	,314	,804	,140	,615
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,330	-,173	,188	,292
AcarosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,065	,343	,302	,104
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,261	**-,438***	,227	,215
Entomobryidae	Sig. (bilateral)	,148	,012	,211	,237
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,274	-,228	,258	,159
Isotomidae	Sig. (bilateral)	,129	,209	,154	,385
	N	32	32	32	32
	Correlación de Pearson	-,295	-,319	,271	,192
ColembolosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,101	,076	,133	,292
	N	32	32	32	32

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

En contraste con los casos anteriores, en un ecosistema natural los acaros oribatidae y colémbolos Isotomidae son quienes muestran relaciones significativas con los indicadores químicos estudiados (tabla 3d). Los oribátidos muestran una correlación significativa (P<0.05) respecto a la MO, indicando que a incrementos de esta sus poblaciones disminuirán y viceversa. El orden Isotomidae mostró correlaciones positivas significativas con el P, influyendo en la correlación positiva de este indicador químico con las poblaciones totales de colémbolos (ambos para P<0.01). Sin embargo, las poblaciones totales de colémbolos también mostraron una correlación significativa con el $pH_{(H2O)}$ (P<0.05), pero en este caso la correlación es negativa lo que implica que incrementos de este perjudicarían las poblaciones de colémbolos.

Tabla 3d. Correlaciones en el ecosistema natural

		$pH_{(H2O)}$	**$pH_{(KCl)}$**	**MO (%)**	**P Olsen 100g^{-1}**
	Correlación de Pearson	-,878	-,376	-,642	,816
Prostigmata	Sig. (bilateral)	,122	,624	,358	,184
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	-,904	-,557	-,867	,945
Mesostigmata	Sig. (bilateral)	,096	,443	,133	,055
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	-,705	-,809	**-,965***	,827
Oribatidos	Sig. (bilateral)	,295	,191	,035	,173
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	-,878	-,376	-,642	,816
Gasamidas	Sig. (bilateral)	,122	,624	,358	,184
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	-,838	-,646	-,882	,889
AcarosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,162	,354	,118	,111
	N	4	4	4	4

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

		$pH_{(H2O)}$	$pH_{(KCl)}$	MO (%)	P Olsen $100g^{-1}$
	Correlación de Pearson	-,891	-,248	-,546	,794
Entomobryidae	Sig. (bilateral)	,109	,752	,454	,206
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	-,932	-,315	-,788	**,990****
Isotomidae	Sig. (bilateral)	,068	,685	,212	,010
	N	4	4	4	4
	Correlación de Pearson	**-,980***	-,315	-,766	**,995****
ColembolosNo300gsuelo	Sig. (bilateral)	,020	,685	,234	,005
	N	4	4	4	4

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

5. Conclusiones

1. Todos los indicadores químicos evaluados en los ecosistemas estudiados mostraron diferencias significativas, específicamente el $pH_{(H2O)}$, $pH_{(KCl)}$ y la MO fueron ligeramente superiores en el ecosistema natural y los agroecosistemas estatales de altos insumos; mientras que el P Olsen fue superior en los agroecosistemas privados de bajos y altos insumos.
2. Se encontraron diferencias significativas entre los ecosistemas estudiados para las poblaciones totales de ácaros y colémbolos, siendo en ambos casos significativamente superiores en el ecosistema natural, seguidos del agroecosistema de bajos insumos y sin diferencias entre los otros agroecosistemas estudiados.
3. La distribución y composición de los diferentes órdenes de las poblaciones de ácaros y colémbolos fueron diferentes entre los ecosistemas estudiados.
4. Las correlaciones realizadas demostraron que para los agroecosistemas estudiados fueron importantes los efectos del $pH_{(KCl)}$, la MO y el P Olsen sobre los ácaros de los órdenes Mesostigmata y Gasamidae, así como para el orden Entomobrydae de los colémbolos; mientras que para el sistema natural los órdenes con interacciones significativas fueron Oribatidae (ácaros) e Isotomidae (colémbolos).
5. Los ácaros y colémbolos de la mesofauna del suelo sugieren ser bioindicadores útiles para evaluar el efecto de las prácticas agrícolas sobre la calidad del suelo dada su correlación con indicadores químicos ya conocidos.

6. Recomendaciones

1. Profundizar en el estudio del efecto de las prácticas agrícolas en la distribución y composición de las poblaciones totales de ácaros y colémbolos del suelo.
2. Continuar los estudios para evaluar la utilidad de los componentes de la mesofauna estudiados en la predicción de efectos negativos de las prácticas agrícolas sobre la calidad del suelo, así como sus interacciones con indicadores de calidad del suelo ya establecidos en estudios previos.

7. Bibliografía

Aborgánicos del Huila 2004. Fertilizantes orgánicos, Preparación de fórmulas y mezclas especiales de acuerdo al análisis de suelo y tipo de cultivo. Copyright 1999-2004. Buenos Aires, Argentina.

Aguila. 2007. Soil fertility in calcareous tropical soils from Yucatán, affected by land use and soil moisture effects. PhD Thesis. University of Gottingen.

Alfonso y Carrobello, C. 2002. Una mirada hacia abajo. Revista Bohemia., No 13. P. 24-32.

Allen, P. 1992. La agricultura sostenible biológica. Asociación Vida Sana Barcelona. Documentación, Pp. 1-18.

Almager, A. 2006. Soil fertility and plant nutrition in the tropics and subtropics and sustained food and production. FAO, V.80, P.78.

Altieri, A. M. 1996. Bases Agroecológicas Para Una Agricultura Sustentable. Agroecología y Agricultura Sostenible. , Módulo 1. P. 122-149.

Altieri, M. A. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. . Frontiers in Ecology and the Environment. 2, 35–42.

Arrastía y Limia. 2011. Energía y Cambio Climático. Soil Cone Penetrometer,Ed. Editorial Academia, La Habana, Cuba, Asae. 313.1.

Ascanio ET AL., M. O. Y. H., A. 2004, 2006. Suelos cañeros en Veracruz y Oaxaca, cambios globales y ambiente. . México: Editora Univ. Veracruzana. , 285 p.

Barrios, E. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics, 64(2), 269-285.

Bautista, C. A., J. Etchevers, B., R. F. del Castillo y C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13 (2): 90-97. (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=149 Consultado: 11/06/2016; 15:18 horas).

Bayartogtokh Prof. D. A. Krivolutsky. 2009. Contribution of the Knowledge to Oribatid Mites of the World. In Gongalsky, K. B., Zaitsev, A. S., Krainov, V. N., Pligina, S. F. & Terehova, V. A. (Eds.): Soil Biogeography: Proceedings Of The Ii All.

Bayartogtokh B., 2000. Oribatid mites of the genus Epilohmannia (Acari: Oribatida: Epilohmanniidae) from Japan and Mongolia Systematic and Applied Acarology, 5, 187-206.

Bayer, 2006. Insectos de suelo: monitoreo, características, niveles de daño y solución. Actualidades técnicas. Nº 04-2006. Argentina. Disponible en: http://www.bayercropscience.com.ar/. (Consultado en marzo, 2008).

Bedano, J., A. Domínguez and R. Arolfo. 2011. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. Soil and Tillage Research 117: 55–60.

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

Bot y Benites, J. R. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil.

Botero, R., y O. R. Russo. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. en conferencia electrónica de la FAO sobre agroforesteria para la producción animal en latinoamérica.

Breure A. M. 2004. Soil biodiversity: measurements, indicators, thet as and soil functions. RIVM. National institute for public health and the environment. Laboratory for ecological risk assessment. I International Conference of Soil and compost eco-biology. September, 15th – 17th. Leon, Spain.

Brussaard, L. 1997. Biodiversity And Ecosystem Functioning . In Soil. Ambio, Vol 26. , P. 563.

Burges, R. 1971. Biología del Suelo. Editorial Omega S.A., Barcelona. 589 p.

Cairo et al., M. C. Y. M., J. 1994. Como mejorar la bio-estructura de los suelos degradados de la provincia de Sancti Spiritus. Agricultura Orgánica, (3): 78.

Cairo y Fundora, H., O. 2005. Edafología. Editorial Félix Varela. La Habana, 382 pp.

Cairo, P., Reyes A., Machado J., Díaz B., Torres P., Dávila A., Colas A., Rodriguez A., Gattorno S., Rodríguez O., Jiménez R. 2012. Uso alternativo de mejoradores de suelo, con énfasis en la materia orgánica y evaluación de indicadores de sostenibilidad (calidad de suelo). Informe final de Proyecto Ramal del MINAGRI. Código 68.11.

Chacón Iznaga, A. 2014. Vis/NIR spectroscopic measurement of selected fertility parameters of Cuban agricultural soils. Tesis de doctorado. Universidad Católica de Lobaina, Bélgica.

Chocobar, E. A. 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias., Colegio de Postgraduados, Edo. México.

Corbella, R. 2006. Materia Orgánica del Suelo. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.

Diaz. 2004. Comparison between Two Practical Mixdesigns. Technical report, K.U.Leuven.Submitted To Esorics.

Doran, J.W. & Parkin, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In J.W. Doran and A.J. Jones, eds. Methods for Assessing Soil Quality. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA. In: http://soilquality.org/indicators.html

Doreste, E. 1984. Acarología. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José de Costa Rica. Pp-383

Durán, J. L. 1996. Degradación y Manejo Ecológico De Los Suelos Tropicales, Con Énfasis En Los Suelos De Cuba. Agricultura Orgánica. La Habana Cuba, Año 4. No1. Abril., Pp. 7-11.

Fasbender, W. H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2da Edición. CATIE. Costa Rica. , 491p.

Febles, J. M. R., M. y Treto, Eolia. 1995. Manejo agroecológico de la fertilidad de los suelos en el trópico. Conferencias y mesas redondas. II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana. Cuba. P. 11.

Gálvez, I. 2008. Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de la hojarasca y grupos funcionales microbianos (Cuenca del Río La Vieja, Quindío). . Trabajo de Grado., Bogotá, CO: Pontificia Universidad Javeriana. Escuela de Microbiología Agrícola y Veterinaria.

García, A.; Bello, A. 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. León, España. p. 211.

Genoy, Y. M.; Castillo, J. A.; Bacca, T. 2013. Ácaros oribátidos presentes en seis sistemas de uso del suelo en Obonuco, Pasto (Nariño). Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural (bol.cient.mus.hist.nat.) 17 (2) julio-diciembre. p: 60-68. ISSN 0123-3068.

Gómez, R. J. 2005. Agricultura Sostenible. Tesis presentada en opción al título académico de Máster., Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

González, V. 2001. Mesofauna edáfica asociada a un cultivar de caña de azúcar. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de La Habana.

Guillen, C., Soto-Adames, F., Monika, Springer. 2006. Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en costa rica. Agronomía costarricense 30(2): 19-29. ISSN: 0377-9424. Disponible en: http://www.cia.ucr.ac.cr

Hernández, A. J., Pérez, J.M., and Bosch, D., I. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana. Cuba. Edt. AGROINFOR. ISBN: 959-246-002-1.

Hernández, A. M., F. 2005. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas. Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia. En: Encuentro Nacional De Papa. Inca, La Habana (6:2005).

Instituto de Suelos. 2001. Programa Nacional de Conservación y Mejoramientos de Suelos.

John. 2003. Carbon turnover in aggregated soils determined by natural 13C abundance. PhD University of Goettingen.

Karg, W.1963. Die Edaphischen Acarina in Ihren Bezie Hungen zur Mikroflora und Ihren Eignung Alsanzciger fur Prozesse der Bodenbildurg. In: Soil Organisms. (Eds. J. Doeksen Y J. Van Der Drif). North-Holland.Co., Amsterdam. P.

Karlen, D., Mausbach, M, Doran, J, Cline, R, Harris, R Y Schuman, G. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Science Society of America J. 61: 4-10.

Kautz, T., C. López and F. Ellmer. 2006. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in central Spain. Applied Soil Ecology 33(3):, 278–285.

Kolmans 1996. Manual De Agricultura Ecológica. . Ed. Enlace. Managua.

Kolmans y Vásquez, D. 1996. Manual De Agricultura Ecológica. . Ed. Enlace. Managua. 219p.

Kozlowski, D. A. 1998. El avance de la Agricultura Sostenible en América Latina.

López, G. E. F., H. Vázquez. 1981. Departamento de Suelo y Agroquímica. Ministerio de la Agricultura. Dirección general de suelos y fertilizantes. . Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de suelos por municipio a escala 1/25000.

Magdoff, F. & Weil, R. 2004. Soil Organic Matter Management Strategies. In: Magdoff, F., Weil, R, editor. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. Boca Raton, Fl: CRC Press LLC. p. 59-84.

Marín, E.P.; Sánchez, M.; Sierra, A.; Peñaranda, M.R. 2015. Poblaciones de Ácaros, Colémbolos y otra Mesofauna en un Inceptisol bajo Diferentes Manejos. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 68(1): 7411-7422.

Marrero Pérez, Y. 2015. Efecto del uso del suelo sobre indicadores que determinan su calidad en áreas de la Finca “Baños de Marrero”. Trabajo de Diploma. 55 p.

Mateos, E.1992. Colémbolos (Collembola: Insecta) edáficos de encinares de la Serra de l’Ova y de la Serra de Prades (Sierra prelitoral catalana). Efecto de los incendios

forestales sobre estos artrópodos (inédito). Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, Facultad de Biología, Dpto. de Biología Animal.

Muñiz, O. 2001. Los sistemas integrados de nutrición vegetal. Memorias Del Ii Taller De Suelos. Proyecto Biopreparados. San Antonio De Los Baños.

Murray, N., R.M., Bojórquez, S. J., Hernández, J.A. Orozco, M.G., García, J. D., Gómez, A.R., Ontiveros, G.H., y Aguirre, O.J. 2011. .Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias, Vol. 1 No. 3 Año 2, 27- 35. Issn.

Navarro, C., A. Pekas, M. Moraza, A. Aguilar and F. García. 2012. Soil-dwelling predatory mites in citrus: Their potential as natural enemies of thrips with special reference to Pezothrips kellyanus (Thysanoptera: Thripidae). Biological Control 63(2): 201-209.

McCune Nils Max Rafael, Yanetsy Ruiz González, Osvaldo Fernández Martínez, Edith Águila Alcántara. 2011. Evaluation of the technological impact on soil resource, in agricultural systems representative from Santa Clara municipality. Centro Agrícola, 36(2): 57-63; abril-junio.

Nivia 1994. Peligros del uso de plaguicidas en la degradación de los suelos. Memorias, 1er Congreso latinoamericano y del caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales. Santo Domingo. República Dominicana. , P. 27.

Ochoa. 2007. Actividades Enzimáticas Como Indicadores De La Calidad Del Suelo En Agro-Ecosistemas Ecológicos. Revista Electrónica De La Universidad De Jaén, Iniinv, 2:Rl (1-10).

Oumarou Mahamane, I. 2015. Efecto del uso del suelo sobre indicadores del estado de la calidad del suelo en áreas cañeras de la CPA “Batalla de Santa Clara”. Trabajo de Diploma. 76 p.

Paneque y Calaña, J. M. 2004. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. La Habana. Primera Edición. Abonos Orgánicos., 7-22p.

Pound, B. 1999. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en américa. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.

Prieto, D.; Rodríguez, A. C. 1996. Índice de agregación de los invertebrados de la hojarasca en un bosque siempre verde de la reserva de la biosfera de Sierra del Rosario, Pinar del Río, Cuba: Análisis comparativo. Vol 10. Rev Biología.

Raaa 2005. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos.

Römbke J., Rüdiger M. Schmelz y Knaebe S. 2009. Field studies for the assessment of pesticides with soil mesofauna, in particular enchytraeids, mites and nematodes: Design and first results. Soil Organisms, Volume 81 (2):2009 pp. 237–264 ISSN: 1864-6417.

Rubio. 2011. Influencia de los sistemas agrícolas convencional y tradicional sobre indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo pardo mullido carbonatado. Tesis Para Aspirar Al Título De Ingeniero Agrónomo, Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas.

Ruiz Gonzales, Edith Águila Alcántara, Osvaldo Fernández Martínez, Bram Moeskop, David Buchand, Luc De Hasse, Marijke De Hasse and Stefaan De Neve. 2013. Soil quality under different farming systems in Santa Clara, Cuba. Communication in soil sciences and plant analyses. 44(1-4): 195-204.

Sánchez, V. J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas.

Saviozzi A, Levi-Minzi, R., Cardelli, R., & Riffaldi, R. 2001. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils. Plant and Soil; 233:251-9.

Shaokui Yan, A.N. Singh, Shenglei Fu, Chonghui Liao, Silong Wang, Yuanliang Li, Yang Cui, Lile Huf. 2012. A soil fauna index for assessing soil quality. Soil Biology & Biochemistry 47: 158-165.

Shibu, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: overview.Agroforestry systems., 76: 1-10.

Simón, G. L. 1998. Del monocultivo del pasto al silvopastoreo. La experiencia de la Eepf "Indio Hatuey". Los Árboles En La Ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. Matanzas. 9-18p.

Singer, M.J. y Ewing, S. 2000. Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Socarrás, A. 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Estación experimental de pastos y forrajes, Indio Hatuey, Matanzas Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Pastos y Forrajes, vol. 36. núm. 1. Enero-marzo, pp. 5-13.

Socarrás, A.; Robaina, N. 2011. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. Pastos y Forrajes, 34:185.

Socarrás, A.; Rodríguez, M. 2001. Efecto de la agricultura orgánica sobre la mesofauna del suelo. Poeyana 485, 5-7.

Subías 2004. Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes: Oribatida) Del Mundo (Excepto Fósiles). Graellsia, 60: 3- 305, 2014. 577 Pp.

Thompson y Troeh, F. R. 1988. Los suelos y su fertilidad. Revert S A. Barcelona. España, . pp. 135-169.

Usher, M.B. et al. 2006. Understanding biological diversity in soil: the Soil Biodiversity Research Programme. Appl. Soil Ecol. 21:49.

Vázquez, M. G. C.-I. U. 2003. Modificaciones estructurales y funcionales asociadas al uso forestall en el Bosque de Santa Rosa, Gto. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Biotecnología de Plantas.

Vrindts, E. A. 2005. Management zones based on correlation between soil compaction, yield and crop data. Biosystems Engineering, 92 (4): 419-428.

Wang, K., C. Hooks and S. Marahatta. 2011. Can using a strip-tilled cover cropping system followed by surface mulch practice enhance organisms higher up in the soil food web hierarchy?. Applied Soil Ecology, 49.

Weigmann, G. (2006): Die Tierwelt Deutschlands. 76. Teil. Hornmilben (Oribatida). Goecke y Evers, Keltern, Deutschland.

Wildin, H., J. 1986. Alley farming and the humid and subhumid tropics. Proceedings of and international workshop held at Ibadan, Nigeria. Trees in forage systems. 71-81p.

Yang, YZ; Liu, S; Zheng, D. & Feng, S. 2006. Effects of cadium, zinc and lead on soil enzyme activities. Journal of environmental Science. 18(6):1135-41.

8. ANEXOS

Anexo 1: Caracterización de los sistemas agrícolas evaluados

Sistema Agrícola	Campesinos	Rotación de cultivos y cultivos intercalados	Manejo
Sistema privado (Manejo agroecológico)	Rubén Torres	Rotación de cultivos (tomates, calabaza, maíz y boniato, frijol)	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: Fertilización con humus de lombriz (7 t/ha). uses pesticida: no use
	Roberto Marrero	Rotación de cultivos (calabaza, tomate y maíz).	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: compost y estiércol. Pesticida uses: no usa.
	Omar Zamora	Rotación de cultivos (boniato, maíz, frijol y calabaza).	Preparación del suelo: animal tracción, uso de barreras muertas y canales de deviación para prevenir la erosión del suelo. Fertilización: humus de lombriz, compost, residuos de cultivo, y estiércol (6-7 t/ha). No hace uso de pesticidas
	José I. Baracoa	Rotación de cultivos (frijol, calabaza, pepino and boniato).	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: humus de lombriz, compost, residuos de cultivo, y estiércol. No usa pesticidas (usa cultivos barreras, Fitomas-E y *Trichoderma*, *Verticillium, Bauberia bassiana, Bacillus turingiensis, Heterorrabditis* and *Trichogranma.*
	Andrés Ramos	Rotación de cultivos (vegetables, boniato and frijol cultivo intercalado con plátano).	Preparación del suelo con tracción animal, usa barreras vivas para la conservación del suelo y fertiliza con compost y estiércol (gallina), no usa plaguicidas: químicos y usa cultivo intercalado para el control de plagas (*Beauveria bassiana* y ferromonas en boniato y *Trichoderma* en frijol).
Sistema privado (Manejo Convencional)	Guillermo Sosa	Rotación de cultivos con frijol, pepino, boniato y ajo.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: NPK, Nitrate, Urea, Fitomas-E, y estiercol. Use para el control de plagas fungicidas (Supermeteoro-2000), insecticida (Monarca) y herbicida (Glyphosate).
	Carlos Hurtado	Rotación de cultivos con maíz, boniato, pepino, yuca, calabaza y tomate.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: NPK, Nitrato y Urea. Usa fungicidas para el control de plagas (Titan, Tamaron y Glyphosato).

Anexo1: Caracterización de los sistemas agrícolas evaluados

Sistema Agrícola	Campesinos	Rotación de cultivos y cultivos intercalados	Manejo
Sistema privado (Manejo Convencional)	Orlando Rodríguez	Rotación de cultivos con pepino, tomate, calabaza y cebolla.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización con NPK y Urea. Uso de pesticidas químicos Karate, Cipermetrina, Peltrán, Mancozeb, Zineb y Cu.
	Michel Morales	Rotación de cultivos con tomate, pepino, previamente tomate como monocultivo	Preparación del suelo con tracción animal (buey) y, ocasionalmente, utiliza tractor. Fertilización con NPK, Nitrato (0.1 t/ha), y Urea (0.1 t/ha). Use de pesticidas químicos Sencor, Zineb, Mancozeb, y Parathion (0.5 t/ha).
	Lázaro Suárez	Rotación de cultivos con pepino, calabaza y tomate.	Preparación del suelo con tractor y tracción animal. Fertilización con NPK (4 t/cab), Nitrate (0.1 t/ha), y Urea (0.1 t/ha). Use pesticidas químicos como Tamaron y Bi-58 (0.5 t/ha).
Sistema Estatal (Manejo Convencional)	Albarrán	Rotación con pepino, garbanzo y frijol.	Preparación del suelo con tracción mecanizada con tractor. Fertilización: alto use de agroquímicos NPK (6-19 t/cab), Urea (0.75-1.5 t/cab). Uso de pesticidas (Tamaron, Zineb, Cosmos, Rydomil, Cu, Desire, Gesapac, Gesagard, Glyphosfato, etc.). Más de 30 años en explotación.
	Pararrayo	Históricamente papa con rotaciones de boniato, frijol y maíz	Preparación de suelo con tracción mecanizada con tractor. Fertilización: alto use of agroquímicos en papa y boniato con NPK y Urea. Uso de pesticidas Sintético y biológico; pesticidas como Leopard, Gesapac, Gesagard, Glyphosfato, Tamaron, etc.
Sistema Natural	Sistema Natural	Guazuma (*Guazuma tomentosa* Kunth); Algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.). Yagruma (*Cecropia schreberiana* Miq.); Palma real (*Roystonea regia* O. F. Cook); Mango (*Mangifera indica* L.).	No intervención antrópica o manejo

Anexo 2. Categorías de algunas propiedades químicas del suelo

pH (KCl)	pH (H_2O)	Categoría
< 3.5	< 5.0	Muy ácido
3.5 – 4.5	5.0 – 5.5	Ácido
4.6 – 5.5	5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
5.6 – 6.0	6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.1 – 7.0	6.6 – 7.5	Neutro
7.1 – 8.0	7.6 – 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 – 8.5	8.1 –8.5	Moderadamente alcalino
> 8.5	> 8.5	Alcalino

Fuente: López y col., (1981)

% de Materia Orgánica (Método de Walkley y Black)	
% de M. O	**Categoría**
< 1.5	Muy bajo
1.5 – 3.0	Bajo
3.1 – 5.0	Mediano
> 5.0	Alto

Fuente: López y col., (1981)

Niveles	Bajo	Medio	Satisfactorio	Alto
P Olsen (mg P 100 g^{-1} s.s)	<1.14	1.14-2.29	2.29-4.12	>4.12

Escala empleada por Chacón (2014) a partir de Bingham (1962) y Hami (1974)

Anexo 3. Tabla de frecuencia de aparición ácaros y colémbolos en los sistemas evaluados

Sistemas	Grupos de ácaros	Frecuencia de observación	Número total	Total de muestras	%
Sistema privado (manejo agroecológico)	Oribatidae	0	1	48	2,1
		2	2		4,2
		3	3		6,3
		4	3		6,3
		5	4		8,3
		6	4		8,3
		7	6		12,5
		8	8		16,7
		9	8		16,7
		10	4		8,3
		12	2		4,2
		14	1		2,1
		15	1		2,1
		19	1		2,1
	Gasamide	0	32	48	**66,7**
		1	3		6,3
		2	3		6,3
		3	5		10,4
		4	3		6,3
		5	1		2,1
		6	1		2,1
	Prostigmatide	0	36	48	**75**
		1	6		12,5
		2	3		6,3
		3	2		4,2
		4	1		2,1
	Mesostigmatide	1	21	48	43,8
		2	5		10,4
		3	8		16,7
		4	4		8,3
		5	2		4,2
		6	3		6,3
		7	2		4,2
		8	2		4,2
		9	1		2,1
Sistema privado (Manejo convencional)	Oribatidae	0	3	40	7,5
		1	5		12,5
		2	7		17,5
		3	10		25
		4	7		17,5
		5	6		15
		6	1		2,5
		7	1		2,5
	Gasamide	0	36	40	**90**
		1	2		5
		2	2		5
	Prostigmatide	0	39	40	**97,5**
		1	1		2,5
	Mesostigmatide	0	32	40	**80**
		1	3		7,5
		2	5		12,5

Sistemas	Grupos de ácaros	Frecuencia de observación	Número total	Total de muestras	%
Sistema estatal (Manejo conventional)	Oribatidae	0	3	32	9,4
		1	3		9,4
		2	2		6,3
		3	3		9,4
		4-5	20		62,6
		6	1		3,1
	Gasamide	0	23	32	71,9
		1	5		15,6
		2	2		6,3
		3	1		3,1
		4	1		3,1
	Prostigmatide	0	28	32	**87,5**
		1	4		12,5
	Mesostigmatide	0	18	32	56,3
		1	3		9,4
		2	4		12,5
		3	5		15,6
		4	1		3,1
		5	1		3,1
Sistema Natural (Patrón de referencia)	Oribatidae	10	2	4	**50**
		15	1		25
		18	1		25
	Gasamide	1	3	4	75
		4	1		25
	Prostigmatide	1	3	4	75
		3	1		25
	Mesostigmatide	1	1	4	25
		2	1		25
		3	1		25
		6	1		25

Sistemas	Grupos de colémbolos	Frecuencia de observación	Número total	Total de muestras	%
Sistema privado (manejo agroecológico)	Entomobrydae	0	16	48	33,3
		1-3	11		22,9
		4-6	16		33,3
		7-9	5		10,4
	Isotomidae	1-30	42	48	87,5
		31-45	3		6,3
		46-60	3		6,3
Sistema privado (Manejo convencional)	Entomobrydae	0	33	40	82
		2	2		5
		3	1		2,5
		4	3		7,5
		8	1		2,5
	Isotomidae	0	5	40	12,5
		1-10	26		65
		11-20	4		10
		21-30	5		12,5
Sistema estatal (Manejo conventional)	Entomobrydae	0	27	32	84,4
		2	2		6,6
		3	1		3,1
		4	1		3,1
		9	1		3,1
	Isotomidae	0	1	32	3,1
		1-5	19		59,4

		6-10	8		2,5
		11-15	3		9,4
		16-20	1		3,1
Sistema Natural (Patrón de referencia)	Entomobrydae	9	1	4	25
		11	1		25
		12	1		25
		29	1		25
	Isotomidae	11	1	4	25
		44	1		25
		46	1		25
		68	1		25