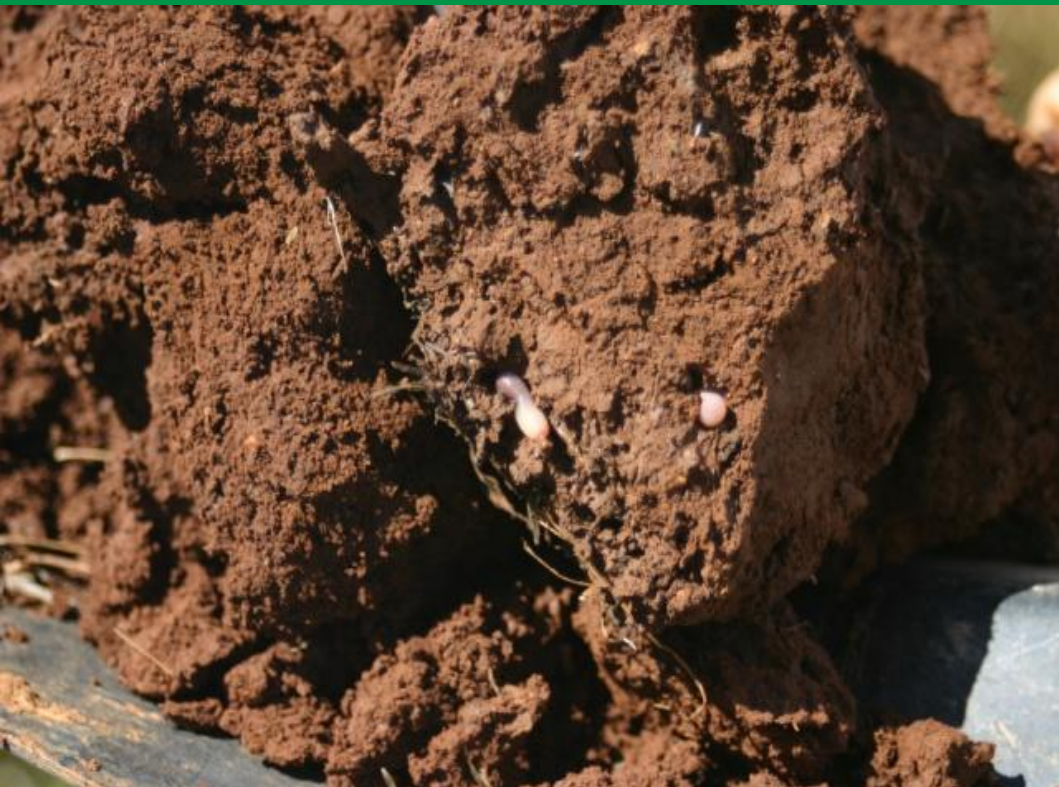


LA VIDA EN EL SUELO ES LA BASE DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

JAIME MENA COVARRUBIAS, ALFONSO SERNA PÉREZ,
AURELIO BÁEZ PÉREZ, JORGE A. ZEGBE DOMÍNGUEZ



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de V.R., Zacatecas.
Diciembre 2016
Folleto técnico No. 77
ISBN: 978-607-37-0674-2

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

M.A. JOSÉ EDUARDO CALZADA ROVIROSA
Secretario

LIC. JORGE ARMANDO NARVÁEZ NARVÁEZ
Subsecretario de Agricultura

M.C. MELY ROMERO CELIS
Subsecretario de Desarrollo Rural

M.C. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

DR. LUIS FERNANDO FLORES LUI
Director General

DR. RAÚL G. OBANDO RODRÍGUEZ
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. JORGE FAJARDO GUEL
Coordinador de Planeación y Desarrollo

MTRO. EDURADO FRANCISCO BERTERAME BARQUÍN
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. HOMERO SALINAS GONZÁLEZ
Director Regional

DR. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ
Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS
Director de Administración

DR. FRANCISCO GPE. ECHAVARRÍA CHÁIREZ
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

LA VIDA EN EL SUELO ES LA BASE DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

Dr. Jaime Mena-Covarrubias¹

Dr. Alfonso Serna Pérez¹

Dr. Aurelio Báez Pérez²

Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez¹

¹ Investigadores. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP.

² Investigador. Campo Experimental Bajío. INIFAP.

LA VIDA EN EL SUELO ES LA BASE DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5,
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán,
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-8700

ISBN: 978-607-37-0674-2

Primera edición: Diciembre 2016

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

Mena-Covarrubias J., Serna P. A., Báez P. A., Zegbe D. J.A. 2016. La vida en el suelo es la base de la fertilidad de los suelos agrícolas. Folleto Técnico No. 77. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
EFECTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CONVENCIONAL EN LOS SUELOS	2
PRINCIPALES GRUPOS DE ORGANISMOS VIVOS QUE HABITAN UN SUELO	5
FUNCIONES IMPORTANTES QUE DESARROLLAN LOS ORGANISMOS DEL SUELO	6
Bacterias	7
Hongos	7
Protozoarios	8
Nematodos	8
Artrópodos	9
Lombrices de tierra	9
MESOFAUNA DEL SUELO PRESENTE EN SUELOS DE ZACATECAS Y GUANAJUATO	11
PRÁCTICAS PARA FAVORECER LA PRESENCIA DE LOS ORGANISMOS BENÉFICOS DEL SUELO	17
Incorporar materia orgánica al suelo	17
Cubrir el suelo con mantillo orgánico	17
Regar oportunamente	18
Evitar rastreos innecesarios	18
Evitar exceso de plaguicidas	18
LITERATURA CITADA	19

“El arado es uno de los inventos más antiguos y valiosos que ha hecho el hombre, pero mucho antes de su creación, la tierra era regularmente, y continua siendo, cultivada por las lombrices de tierra” - Charles Darwin, 1881 (coloquialmente llamado “el primer ecólogo de suelos”)

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los hábitats más diversos de la tierra, donde coexisten los organismos vivos más diversos; sin embargo, la “opacidad” de este microcosmos ha limitado severamente entender su contribución funcional a los procesos biológicos del suelo y a la estabilidad del ecosistema (Briones, 2014).

Por mucho tiempo, los agrónomos han ignorado la importancia que tiene la fauna del suelo en los sistemas agrícolas, excepto por el conocimiento del beneficio que proporcionan las lombrices de tierra, y por la familiaridad con aquellas especies que ocasionan daños a los cultivos, como lo son los insectos plaga del suelo, los hongos patógenos de la raíz y los nematodos fitoparasitos. Sin embargo, a medida que la agricultura se direcciona hacia metas de menor uso de insumos y sustentabilidad; el conocimiento de las actividades de la biota del suelo, se vuelve más importante, en especial, por los

efectos positivos en la estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, sobre la estructura del suelo, la descomposición de la materia orgánica, en los procesos de mineralización que hacen disponibles los nutrientes en el suelo, en el flujo de energía y el ciclo de los nutrientes, la capacidad regulatoria de la fauna del suelo promoviendo la interacción microbiana y la producción primaria de los agroecosistemas. En esta publicación se analiza la importancia que tienen los insectos, específicamente del Orden Collembola, y ácaros de los Órdenes Oribatida y Mesostigmata, encontrados en muestras colectadas de suelos agrícolas de Zacatecas y Guanajuato, donde se ha realizado la incorporación de materia orgánica en base a abonos verdes provenientes de maíz o cereales.

EFFECTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CONVENCIONAL EN LOS SUELOS

La población de México se ha incrementado de 25 a 100 millones en medio siglo; sin embargo, la superficie es la misma, alrededor de 200 millones de hectáreas, lo cual crea una presión por producir más alimentos. Solamente el 11% de la superficie del país es apta para la producción agrícola, y de ésta, solo el 16% es tierra cultivable de primera calidad adecuada para la agricultura con uso intensivo de insumos (Etchevers *et al.*, 2006).

La agricultura mexicana se lleva a cabo en cuatro macro regiones ecológicas: la árida y semi-árida (< 500 mm de precipitación anual), la cual cubre la mitad del territorio nacional, la región trópico seco (900-1,200 mm de precipitación en la estación de crecimiento de los cultivos) que ocupa una cuarta parte de la superficie del país, y el resto de la superficie está cubierta con áreas montañosas templadas (13%) y trópico húmedo (8%) (Claverán, 2000).

La erosión del suelo es un problema grave en 80% de la superficie cultivada de México (Maas y García-Oliva, 1990), y se estima que casi 535 millones de toneladas de suelo se pierden cada año (SEMARNAP, 1990). Se ha perdido más suelo durante los últimos 40 años, que en los cuatro siglos anteriores (Maas y García-Oliva, 1990). Otros tipos de degradación en la superficie agrícola de México son la erosión eólica, la degradación física, la degradación biológica, la salinidad y la sodificación, las cuales afectan un 60, 20, 80, 20 y 15%, respectivamente (CONAZA, 1994). En las áreas de uso agrícola en Zacatecas existen 553, 411 hectáreas con algún nivel de deterioro debido a la erosión hídrica, lo que ha ocasionado una reducción en la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, así como una disminución en la fertilidad y contenido de materia orgánica (Echavarría *et al.*,

2009). Por lo tanto, la problemática de los suelos agrícolas en Zacatecas es similar a la reportada a nivel nacional; la degradación física, biológica y la erosión hídrica y eólica son los principales factores de deterioro, los cuales si no se revierten incrementan el riesgo de la desertificación en el Estado (Echavarría *et al.*, 2009).

La erosión hídrica en los cultivos de maíz y frijol, año con año genera pérdidas de 15.5 y 14.7 toneladas de suelo por hectárea, mientras que cultivar durazno, chile seco y avena en Zacatecas ocasionan que se pierdan 12.5, 7.4 y 7.1 toneladas de suelo por año (Echavarría *et al.*, 2009). Afortunadamente se han estado implementando algunas acciones a través de intervenciones tecnológicas para la recuperación y mejoramiento de la capacidad productiva de los suelos. Estas acciones incluyen la incorporación de residuos de cosecha, el cambio del patrón de cultivos y prácticas mecánicas que permitan la captación y mantenimiento de la humedad.

La incorporación de residuos de cosecha, ya sea en verde o en seco, permitirá incrementar el contenido de materia orgánica, pero un beneficio adicional será favorecer el desarrollo de la flora y fauna de los organismos del suelo, que a largo plazo representa el soporte de mayor diversidad y sostenibilidad del recurso suelo. A continuación se describen los

componentes del suelo, considerado como un ecosistema, y su aportación a la productividad.

PRINCIPALES GRUPOS DE ORGANISMOS VIVOS QUE HABITAN UN SUELO

Más que ser un material inerte, el suelo es un ecosistema vivo, dinámico, que contiene una cantidad enorme de organismos vivos, por ejemplo 250 cm³ de suelo original sin disturbar pueden contener 200,000 x 10⁶ bacterias; 20 x 10⁶ protozoarios; 100,000 metros de hifas de hongos, 100,000 nematodos y 50,000 artrópodos (Moravec *et al.*, 2015).

El suelo es considerado el ecosistema más diverso, del cual solo se ha identificado el 1% de las especies presentes (Moravec *et al.*, 2015), por ejemplo, la diversidad de los hongos que viven en el suelo puede sobrepasar con mucho a la diversidad de las comunidades de plantas que se desarrollan arriba de él, por lo que el conocimiento del significado funcional de esta diversidad microbiana está en sus inicios (Taylor *et al.*, 2014).

Una clasificación funcional de los organismos que habitan en el suelo es utilizar la medida del ancho de su cuerpo como el criterio principal de clasificación: 1) < 100μ el cual incluye a la microbiota (bacterias y hongos) y la microfauna (protozoarios y nematodos);

2) $> 100\mu$ y $< 2\text{mm}$ que se designa como la mesofauna (ácaros, colémbolos, dipluros, symphilidos y enchytraeidos, y 3) $> 2\text{mm}$ el cual considera a la macrofauna (moluscos, arañas, insectos de mayor tamaño como termitas y hormigas, y las lombrices de tierra) (Swift *et al.*, 1979).

Esta clasificación basada en el tamaño del ancho del cuerpo de un organismo que vive en el suelo ha sido útil para contestar preguntas ecológicas, como los efectos que tiene cada uno de esos tres grupos en la descomposición de la materia orgánica del suelo (Briones, 2014).

FUNCIONES IMPORTANTES QUE DESARROLLAN LOS ORGANISMOS DEL SUELO

En el suelo, los organismos funcionan como una cadena alimenticia donde los más pequeños se convierten en el alimento de los más grandes, reciclando los nutrientes a través del intercambio de biomasa del suelo. Esta cadena alimenticia es la base de un suelo sano y viviente. Los organismos más significativos involucrados en la cadena alimenticia del suelo son, de menor a mayor tamaño: 1) bacterias, 2) hongos, 3) protozoarios, 4) nematodos, 5) artrópodos y 6) lombrices de tierra.

Bacterias

Las bacterias son microorganismos que habitan una amplia variedad de ambientes. Las bacterias habitantes del suelo pueden agruparse en: descomponedores, mutualistas, patógenos y quimio autótrofos. Las bacterias que mejoran la calidad del suelo descomponen la materia orgánica, ayudan a mantener los nutrientes en la zona de las raíces, mejoran la estructura del suelo, compiten con organismos que ocasionan enfermedades y filtran y degradan los contaminantes en el suelo.

Hongos

Los hongos más conocidos son los champiñones, los mohos, y las levaduras, pero existen muchos otros que pasan desapercibidos. Los hongos crecen en forma de hilos largos llamados hifas (hasta de varios metros), haciendo su camino entre partículas de suelo, piedras y raíces. Los hongos se pueden agrupar en descomponedores, mutualistas o patógenos. Los hongos que mejoran la calidad del suelo descomponen compuestos complejos de carbono, aumentan la acumulación de materia orgánica, retienen los nutrientes en el suelo, fijan las partículas de suelo en agregados, compiten con los patógenos de las plantas y degradan algunos tipos de contaminantes.

Protozoarios

Los protozoarios son microbios unicelulares microscópicos que se alimentan principalmente de bacterias. Como las bacterias contienen más nitrógeno que lo que puede utilizar el protozoario, el resto se libera como amonio hacia las raíces de las plantas. Los protozoarios también previenen que algunos patógenos se establezcan sobre las raíces de las plantas y funcionan como una fuente de alimento para los nematodos en la cadena alimenticia del suelo.

Nematodos

Los nematodos son pequeños gusanos redondos, sin segmentación. Los nematodos viven en el agua en suspensión que hay entre los espacios de los poros en el suelo. La mayoría de las especies son benéficas, se alimentan de bacterias, hongos, y otros nematodos, aunque algunos causan daños porque se alimentan de las raíces de las plantas. Los nematodos distribuyen las bacterias y los hongos a través del suelo a medida que se mueven. Los nematodos depredadores pueden consumir nematodos fitopatógenos evitando el daño a las raíces.

Artrópodos

Los artrópodos del suelo son animales pequeños como ácaros, insectos y arañas. Su tamaño varía desde microscópico hasta de varios centímetros. La mayoría vive en la superficie del suelo o en los primeros 8 cm. Los artrópodos mejoran la calidad del suelo al formar la estructura a través de escavar túneles, depositar partículas de excremento, controlar organismos causantes de enfermedades, estimular la actividad microbiana, favorecer la descomposición al despedazar la materia orgánica y mezclarla con el suelo, y regular las cadenas alimenticias del suelo. Los artrópodos del suelo pueden ser despedazadores (milpiés y cochinillas de la humedad), depredadores (arañas, falsos escorpiones, ciempiés, ácaros depredadores, hormigas y escarabajos), herbívoros (simfilidos, gusanos de la raíz, etc.), y fungívoros (colémbolos y ácaros). Cabe mencionar que la mayoría de los insectos que habitan el suelo comen hongos, gusanos u otros artrópodos.

Lombrices de tierra

Charles Darwin, conocido por su trabajo sobre la evolución de las especies, escribió un artículo sobre las lombrices de tierra durante sus últimos años de vida. En ese escrito indicaba que la gran mayoría del suelo fértil que existe sobre la tierra debió haber pasado a través del tracto digestivo de una lombriz de

tierra. Aunque no es exactamente precisa dicha aseveración, las lombrices de tierra juegan un papel importante en la salud del suelo y las plantas.

Las lombrices de tierra son parte del grupo de organismos que descomponen la materia orgánica en el suelo. A medida que las lombrices digieren los microorganismos y la materia orgánica en el suelo, la forma de los nutrientes se cambia en el trayecto a través del tracto digestivo de la lombriz. Así, los “esqueletos” de lombriz son más ricos que el suelo que los rodea, ya que contienen nutrientes transformados a formas más disponibles para las plantas.

En cuanto a la estructura del suelo, los túneles que hacen las lombrices crean pasajes para el aire, agua y raíces. Los túneles también proveen de vías para el intercambio de los gases del suelo con la atmósfera. Los suelos arcillosos con abundantes túneles de lombrices permiten que el agua y los nutrientes se infiltren más rápidamente y pueden tener raíces más profundas y aun las capas de suelo más profundas pueden intercambiar aire más rápidamente. El aire es un componente esencial para el desarrollo de las raíces. Las lombrices de tierra mezclan el suelo cuando hacen sus túneles e incrementan la materia orgánica y el humus al llevar el mantillo a sus túneles y al dejar sus “esqueletos” en el suelo. La mucosa de

la piel de la lombriz ayuda en la formación de agregados del suelo, los cuales son un componente integral de la estructura del suelo. Los túneles también conectan muchos de los espacios porosos, incrementando así la porosidad del suelo.

MESOFAUNA DEL SUELO PRESENTE EN SUELOS DE ZACATECAS Y GUANAJUATO

En el año 2012, durante el verano e invierno se muestreo el suelo en dos lotes Uno de ellos localizado dentro del Campo Experimental Zacatecas y plantado con chile mirasol (Calera de Víctor Rosales, Zacatecas), y el otro ubicado en el Campo Experimental Bajío (Celaya, Guanajuato) y plantado con chile ancho. En ambos sitios se probaron tres tipos de manejo del suelo en el cultivo de chile los cuales fueron: 1) Mínima labranza, que consistió en la rotación de cultivos “chile-maíz-chile” en el ciclo primavera-verano y el trasplante de chile a lomo de surco del cultivo de maíz del año anterior; 2) Abonos verdes, que consistió en la rotación de cultivos “chile-maíz-chile” en el ciclo primavera-verano y la incorporación al suelo del cultivo de maíz en verde y triturado cuando el grano estaba en estado masoso-lechoso y; 3) Un testigo sin labranza reducida y sin aplicación de abonos verdes pero aplicando el manejo de suelos actualmente recomendada por el INIFAP en Zacatecas.

Los sistemas de manejo bajo estudio se replicaron cuatro veces de manera aleatoria. En cada repetición se escogieron al azar cuatro puntos y se tomó una muestra de los primeros 15 cm de profundidad. Las cuatro muestras se mezclaron y se obtuvo una muestra compuesta de 162.7 ± 5.4 gramos por unidad experimental. Finalmente, se extrajeron los artrópodos presentes en cada muestra de suelo utilizando el método del embudo Berlese-Tullgren.

Se recolectaron consistentemente ácaros de las Órdenes Oribatida (Figura 1) y Mesostigmata (Figura 2), siendo más abundantes los primeros en Celaya, mientras que los segundos fueron más frecuentes en Calera (Cuadros 1 y 2). Solo se observaron diferencias significativas en las poblaciones de estos ácaros para el muestreo de invierno en Celaya, tanto para Oribatida como Mesostigmata. En ambos casos el sistema de manejo mínima labranza fue el que tuvo significativamente las mayores poblaciones de estos ácaros benéficos. Las diferencias en abundancia entre ambos sitios se pueden deber a que los ácaros del suelo son muy sensibles a los cambios en el ecosistema (Giller *et al.*, 1997), debido a su gran diversidad y a que se localizan principalmente en la capa de materia orgánica del suelo (Wardle, 2006). La presencia de ácaros Oribatida en suelos agrícolas favorecen el proceso de descomposición de la materia orgánica. La exclusión de estos ácaros en el

suelo resulta en una disminución de un 23% de dicho proceso, además son importantes para mantener el ciclo del nitrógeno (Osler, 2000).



Figura 1. Ácaros del Orden Oribatidae colectados en un suelo agrícola en Calera, Zacatecas.

Por otra parte, la presencia de ácaros Mesostigmata, la mayoría de los cuales son depredadores, puede ser útil como bioindicador de hábitat, condición del suelo y salud de la estructura trófica de las cadenas alimenticias del suelo, ya que sus poblaciones tienden a reflejar la disponibilidad de sus presas, las cuales son artrópodos más pequeños que realizan funciones clave para la descomposición del material vegetal (Marcot, 2004).



Figura 2. Ácaro del orden Mesostigmata colectado en un suelo agrícola en Calera, Zacatecas.

Cuadro 1. Promedio de ácaros colectados por muestra de suelo, de acuerdo a tres tratamientos de labranza en Calera, Zacatecas, durante el año 2012.

Tratamiento	Oribatida verano	Mesostigmata verano	Oribatida invierno	Mesostigmata invierno
Mínima labranza	0	6.17	0	5.50
Abonos verdes	0.08	7.58	0	5.25
Convencional	0.06	5.47	0	5.92
Significancia	NS	NS		NS
Coeficiente de variación	38.6%	38.6%		44.8%

Cuadro 2. Promedio de ácaros colectados por muestra de suelo, de acuerdo a tres tratamientos de labranza en Celaya, Zacatecas, durante el año 2012.

Tratamiento	Oribatida verano	Mesostigmata verano	Oribatida invierno	Mesostigmata invierno
Mínima labranza	0.75	2.17	4.17 a	1.58 a
Abonos verdes	0.33	2.50	0.33 b	0.75 b
Convencional	0.69	2.17	0.83 b	0.17 b
Significancia	NS	NS	0.021	0.004
Coefficiente de variación	28.5%	55.5%	36.5%	38.5%

Las poblaciones de insectos del orden Collembola (Familia: Isotomidae) (Figura 3), son importantes en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de los nutrientes en el suelo. Pero en el ciclo 2012 solo se detectaron en algunas de las muestras, aunque con frecuencia son el siguiente grupo de mayor importancia encontrado en el suelo después de los ácaros. Las poblaciones promedio de colémbolos por muestra de suelo fue de 1.21, 1.23 y 1.25 insectos para los tratamientos de abonos verdes, labranza mínima y labranza convencional, respectivamente; estas diferencias no fueron estadísticamente

significativas. Los colémbolos de la familia Isotomidae son comunes en suelos agrícolas, y se ha encontrado que el contenido de su tracto digestivo son conidias del hongo *Alternaria* y esporas de hongos (Castaño-Meneses *et al.*, 2004). Las poblaciones encontradas de ácaros y colémbolos, tanto en invierno como en verano, son muy bajas respecto a un suelo no disturbado.



Figura 3. Insecto del orden Collembola (Fam. Isotomidae) colectado en un suelo agrícola en Zacatecas.

PRÁCTICAS PARA FAVORECER LA PRESENCIA DE LOS ORGANISMOS BENÉFICOS DEL SUELO

Crear un ambiente favorable para los organismos del suelo, mejora el crecimiento de las plantas y reduce los costos de mantenimiento. Estimular la actividad de los organismos del suelo es clave para tener un suelo sano y fértil que permita el desarrollo óptimo para el crecimiento de las plantas. Las siguientes prácticas de manejo son importantes para mantener la actividad benéfica de los organismos del suelo:

Incorporar materia orgánica al suelo. Los organismos del suelo requieren una fuente de comida que puede provenir de compostas, residuos de cosecha, abonos verdes, etc.

Cubrir el suelo con mantillo orgánico. Esta acción permite estabilizar la humedad y temperatura del suelo, además de añadir materia orgánica. Los mantillos ayudan a prevenir la compactación del suelo y protegen los niveles de oxígeno en el suelo que son necesarios para los organismos del suelo y las plantas. Además el mantillo orgánico controla maleza, conserva el agua, modera la temperatura del suelo y tiene un impacto directo sobre la actividad de los microorganismos del suelo.

Regar oportunamente. Los organismos del suelo requieren de un ambiente húmedo, pero no saturado, con una temperatura entre los 10 y 32°C. La actividad de los organismos del suelo puede reducirse en condiciones de suelo seco que son comunes en el otoño e invierno. Es necesario evitar regar en exceso porque los suelos inundados son perjudiciales para los organismos benéficos del suelo.

Evitar rastreos innecesarios. El exceso del laboreo del suelo destruye las micorrizas y la estructura del suelo.

Evitar exceso de plaguicidas. La aplicación excesiva de algunos fungicidas, insecticidas y herbicidas son dañinos a varios tipos de organismos del suelo.

LITERATURA CITADA

- Briones, M. J. I. 2014. Soil fauna and soil functions: a jigsaw puzzle. *Frontiers in Environmental Science*. 2 (7): 1-22
- Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J. G. y Cutz-Pool, L. Q. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. 75: 135-142.
- Claverán, A. R. 2000. Conservation tillage in Mexico and Latin America: An overview. *Mem. Simp. Intern. de Labranza de Conservación*, 24 al 27 de enero del 2000, Sinaloa, México (CD-ROM).
- CONAZA. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. Comisión Nacional de Zonas Áridas, Secretaría de Desarrollo Social, México. 160p.
- Echavarría, C. F. G., G. Medina, A. Rumayor, A. Serna, H. Salinas y J. G. Bustamante. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. Libro Técnico No. 10, Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC, INIFAP. 180p.
- Etchevers, J. D., Prat, C., Balbontin, C., Bravo, M., y Martínez, M. 2006. Influence of land use on carbon sequestration and erosion in Mexico, a review. *Agronomy for sustainable development*. 26 (1): 21-28.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P, Izac A-M, Swift, M.J. 1997. Agricultural Intensification, soil

- biodiversity and agro ecosystem function. *Applied Soil Ecology*. 6: 3–16.
- Maass, M. y García-Oliva, F. 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Revista Ciencia y Desarrollo*. 15 (90): 21-36.
- Moravec, C., D. Whiting, A. Card, C. Wilson y J. Reeder. 2015. The living soil. Colorado State University Extension, CMG Garden Notes #212: 1-6
- Marcot, B. G. 2004. The mites that run the world. EPOW – Ecology picture of the Week. http://www.taos-telecommunity.org/epow/epow-archive/archive_2004/EPOW-040913.htm.
- Osler, G. 2000. Mites in your soil. Soils are alive. Newsletter (The University of western Australia). 1: 1-2.
- SEMARNAT. 1997. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Web page: <http://www.semarnap.gob.mx>, 24 de enero del 2003
- Swift, M. J., Heal, O. W., & Anderson, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems (Vol. 5). University of California Press. 372p.
- Taylor, D. L., Hollingsworth, T. N., McFarland, J. W., Lennon, N. J., Nusbaum, C., & Ruess, R. W. 2014. A first comprehensive census of fungi in soil reveals both hyperdiversity and fine-scale niche partitioning. *Ecological Monographs*. 84 (1): 3-20.
- Wardle, D. A. 2006. The influence of biotic interactions on soil biodiversity. *Ecology Letters*. 9: 870-886.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Guillermo Medina García
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP
Ernesto González Gaona
Campo Experimental Pabellón-INIFAP

Código INIFAP

MX-0-251106-11-02-11-09-77

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias
Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez
Comisión Editorial y Vocal: Dr. Manuel de J. Flores Nájera
Vocal: Dr. Guillermo Medina García
Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández
Vocal: M.C. Mayra Denise Herrera

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de Diciembre de 2016 en “Paus” Impresiones, Calle Real del Calvario # 125, Col. Real de Calera. C. P. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.
Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de 500 ejemplares

DIRECTORIO

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Dr. Francisco G. Echavarría Cháire Director de Coord. y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Dr.	Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
MC.	Nadiezhdha Y. Ramírez Cabral*	Agrometeorología y Modelaje
Dr.	Manuel de Jesús Flores Nájera	Carne de Rumiantes
Dr.	Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing.	José Ángel Cid Ríos*	Fríjol y Garbanzo
MC	Juan José Figueroa González	Fríjol y Garbanzo
MC.	Mayra Denise Herrera	Fríjol y Garbanzo
Dr.	Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC	Valentín Melero Meraz	Frutales
Ing.	Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
MC.	Miguel Servin Palestina	Ingeniería de Riego
Dra.	Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC	Enrique Medina Martínez	Maíz
MC.	Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
MC.	Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr.	Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr.	Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
MC.	Blanca I. Sánchez Toledano*	Socioeconomía

*Becarios

WWW.INIFAP.GOB.MX

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias