

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA MEJORAR EL SUELO CULTIVADO CON CHILE 'MIRASOL'

Alfonso Serna Pérez
Jaime Mena Covarrubias
Jorge A. Zegbe Domínguez



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

LIC. ENRIQUE MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ
Secretario

LIC. JESÚS AGUILAR PADILLA
Subsecretario de Agricultura

LIC. JUAN MANUEL VERDUGO ROSAS
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. MANUEL RAFAEL VILLA ISSA
Coordinación de Investigación, Innovación y Vinculación

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

MTRO. EDUARDO FRANCISCO BERTERAME BARQUÍN
Coordinador de Administración
y Sistemas del INIFAP

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. HOMERO SALINAS GONZÁLEZ
Director Regional

DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES
Director de Investigación

DR. HÉCTOR MARIO QUIROGA GARZA
Director de Planeación y Desarrollo

ING. HÉCTOR MANUEL LOPEZ PONCE
Director de Administración

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

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA MEJORAR EL SUELO CULTIVADO CONCHILE ‘MIRASOL’.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

México, D.F.

C.P. 04010 México, D.F.

Teléfono (55) 3871-8700

ISBN: 978-607-37-0345-1

Primera Edición: Diciembre 2014

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 o por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la institución.

Cita correcta:

Serna-Pérez, A., Mena-Covarrubias, J., Zegbe-Domínguez, J.A. 2014. Practicas agronómicas para mejorar el suelo cultivado con chile ‘Mirasol’. . Folleto Técnico. Núm. 60. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 27 páginas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
EVALUACIÓN EN CAMPO DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	4
El sitio de evaluación y establecimiento del chile ‘Mirasol’	4
Prácticas agronómicas evaluadas	6
Efecto sobre algunas variables de respuesta de la planta	8
Efecto sobre algunas variables de respuesta del suelo	10
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	11
Componentes del rendimiento, calidad e incidencia de enfermedades	11
Contenido de materia orgánica, dureza y estabilidad de agregados del suelo	19
CONCLUSIONES	21
LITERATURA CITADA	23
ANEXO 1	27

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA MEJORAR EL SUELO CULTIVADO CON CHILE 'MIRASOL'

Alfonso Serna Pérez¹
Jaime Mena Covarrubias
Jorge A. Zegbe Domínguez

INTRODUCCIÓN

La explotación extensiva del cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) ha ocasionado la degradación del suelo y reducción del nivel dinámico de los acuíferos (Echavarría *et al.*, 2009), con la consecuente reducción de la fertilidad y sanidad del suelo que ha obligado a abrir nuevas tierras para mantener la producción (Rincón *et al.*, 2004). Por lo tanto, la sustentabilidad del cultivo debe basarse en nuevos sistemas de manejo que mejoren la productividad del suelo y que incluyan alternativas para mejorar la eficiencia en la aplicación del agua de riego.

La rotación de cultivos e incorporación de abono verde al suelo son prácticas fundamentales para un sistema sustentable de producción pues mejoran las propiedades físico-químicas del suelo e incrementan el contenido de materia orgánica (Harrison *et al.*, 2006). Éstas prácticas también reducen la erosión hídrica

¹ Investigadores de los Programas de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, Hortalizas y Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Zacatecas, respectivamente.

y eólica, incrementan la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo (Al-Kaisi, 2001), y ayudan al control de organismos dañinos del cultivo interrumpiendo sus ciclos biológicos (Reznicek *et al.*, 1998; Kirkpatrick y Thomas, 2007). Sin embargo, poca o nula información existe sobre la implementación de dichas prácticas para solucionar los problemas técnicos indicados en la producción de chile seco.

La sucesión planeada de siembras de diferentes cultivos preferentemente anuales en un mismo terreno o rotación de cultivos (Morales-Flores y Martínez-Menes, 2014a), es una práctica agronómica comprobada que promueve el incremento del rendimiento comparado con el monocultivo (Brady y Weil, 2000). Pero además también permite un mejor uso de los recursos suelo y agua mediante el aprovechamiento de las diferentes capacidades que tienen las especies vegetales cultivadas a través de una alternancia de cultivos planificada (Forján y Manso, 2014).

Por ejemplo una leguminosa en una rotación de cultivos puede ser de utilidad cuando es sembrada previo a un cultivo de alta demanda de nitrógeno (Brady y Weil, 2000). Pero cuando el contenido de materia orgánica del suelo es bajo debido a la oxidación provocada por el monocultivo de una especie de

pobre incorporación de material vegetal como el chile, es necesario incluir en la rotación de cultivos la siembra de gramíneas (maíz, sorgo, avena), ya que la relación C/N del material vegetal favorece la formación de material orgánico estable en el suelo pues se alcanza el aporte necesario para equilibrar las pérdidas de materia orgánica (Forján y Manso, 2014).

La materia orgánica del suelo mejora la estructura, capacidad de almacenamiento de humedad, aireación agregación y dureza del suelo, además de ser una fuente importante de macronutrientes del suelo como N P y S (Sparks, 1995). Por lo que recuperar la materia orgánica del suelo es fundamental para estabilizar la producción de chile para secado en la zona productora de Zacatecas. La incorporación como abono verde del cultivo de maíz en estado masoso-lechoso, que es cuando la planta está en su máximo contenido de materia seca y energía, puede ser una opción para recuperar con mayor rapidez el contenido de materia orgánica del suelo. Ya que los componentes del cultivo como los nutrientes, sobre todo el carbono pueden ser rápidamente asimilados dentro de los ciclos que gobiernan el funcionamiento de los suelos (Brady y Weil, 2000; Morales-Flores y Martínez-Menes, 2014b; Whisenant, 1999).

El objetivo del folleto es mostrar la información obtenida a partir de la evaluación de prácticas agronómicas sencillas y de fácil aplicación. Las ventajas se muestran a través del rendimiento, calidad del cultivo e incidencia de enfermedades en el cultivo de chile cv 'Mirasol' así como el mejoramiento de variables del suelo que pueden incrementar su productividad.

EVALUACIÓN EN CAMPO DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS

El sitio de evaluación y establecimiento del chile 'Mirasol'.

Las plántulas de chile cv. 'Mirasol' se produjeron a principios de año en el invernadero del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC; Foto 1) propagándolas en charolas de unicel y sustrato. Las bajas temperaturas se controlaron con calefactor de gas, y las altas con ventilación natural. Durante el establecimiento se regó diariamente, además de que cada tercer día se fertilizó con 0.5 g de la fórmula (N-P-K) 12-61-00. Las plagas y enfermedades se controlaron siguiendo las recomendaciones técnicas del CEZAC (Bravo *et al.*, 2006).

La evaluación se realizó durante 5 años (2006 a 2010) en el CEZAC (22° 54' N, 102° 39' O); altitud de 2,197 m, temperatura media anual de 14.6 °C, precipitación pluvial media anual de 416 mm y evaporación promedio anual de 2,357 mm. El suelo es el Kaztañozem o rojo, muy frecuente en el área productora.



Foto 1. Plántulas de chile variedad “Mirasol Zacatecas” en el invernadero del Campo Experimental Zacatecas.

El trasplante se realizó en la época del año recomendado para este cultivo (entre el 11 de abril y 1° de mayo). Las plantas se establecieron en surcos de 76 cm, a hilera sencilla y densidad de 44 mil plantas ha^{-1} . El manejo agronómico del cultivo y control de plagas y enfermedades se hizo siguiendo recomendaciones técnicas del CEZAC (Bravo *et al.*, 2006). Se fertilizó con la fórmula 200-75-100-60 (N-P-K-Ca), aplicando a los 20 días después del trasplante (DDT) una fertilización de fondo con 40-30-40 (N-P-K), y dos fertilizaciones de 60-22.5-30 (N-P-K) a los 50 y 70 DDT; respectivamente. Finalizando con dos fertilizaciones para amarre y desarrollo de fruto de 20-0-0-30 (N-P-K-Ca) a los 80 y 100 DDT. Todo el fertilizante se aplicó disuelto en el agua de riego a través de la cintilla. Se monitoreo la presencia de insectos plaga mediante el uso de trampas

pegajosas amarillas y el control de plagas y enfermedades se realizó con productos químicos.

Prácticas agronómicas evaluadas. Se evaluaron tres sistemas de manejo de cultivo que resultaron de la combinación de las prácticas agronómicas rotación de cultivos e incorporación de abonos verdes; tratamiento de semillas a la siembra con Captan al 50% o *Trichoderma* y la aplicación de insumos orgánicos y/o químicos para la fertilización. El control de plagas y enfermedades se realizó con productos químicos. Para comparar se estableció un cultivo testigo el cual no incluyó las prácticas agronómicas y que se etiquetó como 'Convencional Monocultivo', esta parcela trató de simular las condiciones tecnológicas actuales del productor promedio.

El sistema de manejo de cultivo 'Convencional con Rotación' incluyó la rotación de los cultivos Chile-Maíz-Chile en el ciclo primavera-verano (se plantó Chile un año sí y un año no), semillas de Chile tratadas con CAPTAN y fertilización química.

El sistema de manejo de cultivo 'Intermedio' incluyó la rotación Chile-Maíz-Chile en el ciclo primavera-verano, incorporación de maíz al suelo como abono verde (Foto 2A), semillas de Chile tratadas con *Trichoderma* y fertilización química.

El sistema de manejo de cultivo ‘Orgánico’ incluyó la rotación de cultivos mostrada en el Cuadro 1, incorporación de maíz y avena como abono verde (Foto 2A y B), semillas de chile tratadas con *Trichoderma* y fertilización orgánica.



Foto 2. Incorporación de abonos verdes al suelo. **A:** maíz (ciclo primavera-verano); y **B:** avena (ciclo otoño-invierno).

Cuadro 1. Rotación de cultivos para el SMC ‘Orgánico’. P-V es primavera-verano y O-I es otoño-invierno.

Ciclo	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I
Cultivo	Chile	Avena	Maíz	Avena	Chile	Avena

El agua de riego se aplicó mediante cintilla a intervalos de 3 y 4 días. La lámina de riego para RC por evento se estimó mediante un balance hídrico (Brady y Weil, 2000) a partir de la evapotranspiración del cultivo, precipitación efectiva, evaporación y coeficientes de cultivo (Bravo y Mojarro, 2006).

Para la precipitación efectiva se consideraron eventos lluviosos individuales mayores a 5 mm (Zegbe-Domínguez *et al.*, 2006).

Efecto sobre algunas variables de respuesta de la planta.

Para poder discernir las ventajas comparativas de las tecnologías evaluadas se realizaron algunas mediciones relacionadas con el rendimiento, calidad del cultivo e incidencia de enfermedades del suelo.

Se determinó el rendimiento del fruto de chile seco. La calidad de chile seco se evaluó de acuerdo con cuatro categorías comerciales (Zegbe-Domínguez *et al.*, 2012): primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchados (M) (Foto 3).



Foto 3. Calidad del fruto por categorías comerciales.

También se estimó la concentración de materia seca del fruto. La determinación se hizo cuando los frutos cambiaron de color del verde al rojo, muestreando dos frutos. Se tomó una muestra de 20.5 mm de diámetro de cada fruto y se secó en fresco y en seco después de permanecer en una estufa por cinco días a 60°C.

Como las prácticas agronómicas cambian las condiciones del suelo, sobre todo la materia orgánica, se midió la incidencia relativa de secadera del chile (Foto 4). Esta enfermedad afecta el rendimiento de todos los tipos de chile para secado que crecen en la región productora y se presenta sobre todo en suelos con un mal drenaje (Velásquez, 2006) y pobres en contenido de materia orgánica.



Foto 4. Planta de chile con síntomas de secadera.

Efecto sobre algunas variables de respuesta del suelo. Ya que las practicas agronómicas afectan la cantidad de materia orgánica del suelo y esta variable tiene un efecto directo sobre algunas propiedades físicas del suelo (Brady y Weil, 2000), al final de la evaluación, en marzo de 2011 se determinaron algunas variables del suelo que son indicadoras del mejoramiento de su calidad y funcionabilidad (Whisenant, 1999).

Se estimó, a partir de muestras del suelo tomadas a una profundidad de 2 a 12 cm en el lomo del surco, el contenido de materia orgánica del suelo (MOS). Se recomienda para esta determinación la eliminación de residuos de cosecha y raicillas. El método utilizado para su determinación fue el de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982).

La densidad aparente, que es una medida indirecta de la porosidad del suelo se estimó en el lomo del surco central después de eliminar los dos primeros centímetros de la superficie del suelo. El método del cilindro de volumen conocido (Blake, 1965) se utilizó en este caso.

La superficie del suelo con frecuencia se endurece debido al paso continuo de la maquinaria agrícola y por la pérdida de la

agregación del suelo provocada por la oxidación de la materia orgánica (Brady y Weil, 2000). Por esta razón es necesario saber la resistencia a la penetración o dureza del suelo. Esta variable se estimó con un penetrómetro similar al descrito por Herrick y Jones (2002) en el lomo de los surcos centrales cultivados con chile en evaluación.

La adición de la materia orgánica modifica la estabilidad de los agregados del suelo (Brady y Weil, 2000). La cual es un indicador del grado de desarrollo de la estructura del suelo y es una medida de la capacidad de resiliencia del suelo (Seybold *et al.*, 1999), y su resistencia a erosionarse (Siebe *et al.*, 1996). Esta variable se estimó en el lomo de los surcos mediante el método de sumersión en agua y agitación (Herrick *et al.*, 2001). Los valores se asignan de acuerdo con la resistencia a la dispersión, clasificándose desde clase 1 (suelos de nula agregación) hasta clase 6 (suelos altamente agregados).

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS.

Componentes del rendimiento, calidad e incidencia de enfermedades. La calidad de los frutos de chile 'Mirasol' para secado y rendimiento total en los diferentes sistemas de manejo de cultivo evaluados se presentan en los Cuadros 1 al

5. En los cinco años de evaluación la proporción de frutos de mayor calidad (primera y segunda) se tuvo en los sistemas de manejo en donde se aplicó alguna práctica agronómica de mejoramiento del suelo, ya sea rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes y/o la combinación de ambos. Los sistemas de manejo Convencional con Rotación e Intermedio produjeron los frutos de mayor calidad comercial a través del período de evaluación. Mientras que el sistema de manejo Convencional Monocultivo, que es el tipo de manejo de la mayoría de los productores de Chile, produjo en general los frutos de menor calidad con una alta proporción de chiles de tercera y manchados, los cuales alcanzan el menor precio de venta en el mercado.

En el primer año de evaluación, hubo una reducción del rendimiento de fruto en el sistema de manejo Orgánico en comparación con los sistemas Intermedio y Convencional con Rotación (Cuadro 1). En el segundo año todos los rendimientos decrecieron considerablemente (Cuadro 2). Sin embargo los rendimientos más bajos se obtuvieron en el sistema Convencional Monocultivo. El rendimiento total de Chile 'Mirasol' para secado en el tercer año fue mayor en cualquiera de los sistemas de manejo que incluyeron alguna práctica agronómica que en el Convencional Monocultivo, aunque los

rendimientos en todos los tratamientos fueron relativamente altos (Cuadro 3). En el cuarto año de evaluación el sistema de manejo Intermedio produjo el mayor rendimiento total, seguido por los sistemas Orgánico y Convencional con Rotación (Cuadro 4), el menor rendimiento se tuvo en el Convencional Monocultivo. En el último año de evaluación los mejores rendimientos se obtuvieron en los sistemas Intermedio y Convencional con Rotación, seguido por el Orgánico (Cuadro 5). Nuevamente el rendimiento en el Convencional Monocultivo fue el más bajo.

Durante el periodo de evaluación, el rendimiento total del sistema Convencional Monocultivo decreció de manera constante hasta alcanzar al final un valor de 1.8 toneladas por hectárea. Mientras que en los sistemas de manejo en donde se aplicó alguna práctica agronómica los rendimientos totales se mantuvieron con cambios significativamente menores.

La incidencia relativa (%) de secadera en plantas de chile 'Mirasol' para secado en los sistemas de manejo de cultivo se muestran en el Cuadro 6. La mayor incidencia de secadera se tuvo de manera consistente en el sistema de manejo Convencional Monocultivo.

Cuadro 1. Distribución del peso de fruto seco de chile de primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchado (M) y rendimiento total por sistema de manejo de cultivo en 2006.

Sistema de manejo de cultivo	Distribución del peso de fruto seco (%)				Rendimiento
	P	S	T	M	total (t/ha)
Orgánico	53.2	20.3	20.3	6.2	3.0
Intermedio	42.3	12.0	23.9	20.8	4.4
Convencional con Rotación	43.0	9.0	24.8	23.3	4.3

Cuadro 2. Distribución del peso de fruto seco de chile de primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchado (M) y rendimiento total por sistema de manejo de cultivo en 2007.

Sistema de manejo de cultivo	Distribución del peso de fruto seco (%)				Rendimiento
	P	S	T	M	total (t/ha)
Orgánico	32.3	30.7	25.1	11.9	1.8
Intermedio	46.2	19.2	19.2	15.4	2.1
Convencional. con Rotación	33.1	30.4	25.7	10.8	2.2
Convencional Monocultivo	51.9	18.2	18.8	11.1	1.5

Cuadro 3. Distribución del peso de fruto seco de chile de primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchado (M) y rendimiento total por sistema de manejo de cultivo en 2008.

Sistema de manejo de cultivo	Distribución del peso de fruto seco (%)				Rendimiento
	P	S	T	M	total (t/ha)
Orgánico	57.1	14.5	14.8	13.5	4.3
Intermedio	58.1	13.6	14.0	14.3	4.4
Convencional con Rotación	60.7	13.0	14.2	12.1	4.5
Convencional Monocultivo	55.3	14.9	17.4	12.3	3.8

Cuadro 4. Distribución del peso de fruto seco de chile de primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchado (M) y rendimiento total por sistema de manejo de cultivo en 2009.

Sistema de manejo de cultivo	Distribución del peso de fruto seco (%)				Rendimiento
	P	S	T	M	total (t/ha)
Orgánico	68.7	12.4	12.9	6.0	3.1
Intermedio	63.6	14.2	13.2	9.0	4.2
Convencional con Rotación	74.3	9.3	8.9	7.5	2.8
Convencional Monocultivo	73.5	9.6	8.5	8.4	1.8

Cuadro 5. Distribución del peso de fruto seco de chile de primera (P), segunda (S), tercera (T) y manchado (M) y rendimiento total por sistema de manejo de cultivo en 2010.

Sistema de manejo de cultivo	Distribución del peso de fruto seco (%)				Rendimiento
	P	S	T	M	total (t/ha)
Orgánico	55.6	21.3	13.6	9.5	3.0
Intermedio	67.4	17.9	9.3	5.4	3.8
Convencional con Rotación	73.0	14.7	7.8	4.5	3.5
Convencional Monocultivo	44.4	23.5	18.5	13.6	1.8

Cuadro 6. Incidencia relativa (%) de secadera del chile por sistema de manejo de cultivo (SMC) para el periodo de evaluación 2006 a 2010.

Sistema de manejo de cultivo/Año	Incidencia relativa de secadera (%)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Orgánico	5.5	22.6	0.9	12.5	38.0
Intermedio	2.0	31.5	1.2	12.0	29.4
Convencional con Rotación	8.4	23.9	1.1	3.9	18.8
Convencional Monocultivo	-	35.1	2.6	21.1	71.3

En todos los sistemas de manejo es de notarse que el daño por secadera varió considerablemente de un año a otro, e incluso no fue constante en años contiguos (Cuadro 6). Los ciclos de cultivo de 2007 y 2010 tuvieron los mayores daños por secadera, pero solo el daño ocurrido en 2007 afectó de manera importante el rendimiento de chile (Cuadro 2). El promedio de incidencia de secadera (%) en el periodo de estudio fue cuatro veces menor en Convencional con Rotación, y dos veces menor en los sistemas de manejo Intermedio y Orgánico que el promedio de incidencia observado en el Convencional Monocultivo.

El número total de frutos por m^2 (NTF) y la concentración de materia seca del fruto en los sistemas de manejo de cultivo se muestran en el Cuadro 7. El NTF fue mayor en los sistemas de manejo en donde se aplicó alguna práctica agronómica. El menor valor de NTF en el Convencional Monocultivo puede explicar la caída del rendimiento de fruto de chile seco (Cuadros 2, 4 y 5). Solo en 2009 la concentración de materia seca del fruto fue diferente entre los sistemas de manejo. En promedio la concentración de materia seca fue mayor en los sistemas de manejo Convencional Monocultivo y Orgánico que en el Convencional con Rotación e Intermedio.

Cuadro 7. Número total de frutos y concentración de materia seca del fruto por sistema de manejo de cultivo para el periodo de evaluación 2006 a 2010.

Sistema de manejo de cultivo/Año	Número total de frutos por m ²			Concentración de materia seca del fruto (mg·g ⁻¹ PF)	
	2007	2008	2009	2009	2010
Orgánico	41	70	64	237.6	193.0
Intermedio	43	71	83	191.2	160.7
Convencional con Rotación	45	69	57	221.8	174.9
Convencional Monocultivo	29	60	35	299.5	171.1

Contenido de materia orgánica, dureza y estabilidad de agregados del suelo. El efecto acumulado durante cinco años de los sistemas de manejo sobre las variables del suelo: contenido de materia orgánica, densidad aparente, dureza y estabilidad de agregados se presentan en el Cuadro 8. Los SMC tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de materia orgánica del suelo. Tomando como punto de comparación el contenido de materia orgánica del suelo al inicio del proyecto el cual fue de 1.1 %, el incremento en el contenido de materia orgánica fue de 27 %, 45 % y 73 % para los sistemas Convencional con Rotación, Intermedio y Orgánico, respectivamente. En contraste, el suelo del Convencional Monocultivo tuvo una reducción en el contenido de materia orgánica del 27 %.

Comparado con el Monocultivo el sistema de manejo Convencional con Rotación redujo la densidad aparente del suelo en un 5 %, lo que redundó en un incremento en la porosidad del suelo de la misma magnitud. Incrementos en la porosidad indican mejor aireación del suelo y más humedad aprovechable para las plantas (Tan, 2000). El paso continuo de maquinaria agrícola y el uso intensivo del suelo propio de los sistemas de manejo Intermedio y Orgánico podrían explicar porque los cambios en densidad aparente no fueron importantes.

Los sistemas de manejo afectaron la dureza del suelo de forma similar a como sucedió con la densidad aparente (Cuadro 8). El sistema de manejo Convencional con Rotación redujo considerablemente la dureza del suelo en comparación con el Convencional Monocultivo. Pero la reducción en la dureza de los sistemas Orgánico e Intermedio fue apenas marginal. La dureza del suelo, también llamada compactación, es una variable muy relacionada con el uso intensivo de maquinaria agrícola (Brady y Weil, 2000), lo cual podría explicar los valores obtenidos para estos sistemas de manejo. Por otro lado la ausencia del descanso propiciado por la rotación de cultivos y la adición de los residuos de cosecha propios de esta práctica agronómica redujeron el contenido de la materia orgánica del suelo en el Monocultivo e incrementaron su compactación.

Para la interpretación de la estabilidad de agregados se hace uso de los descriptores del Anexo 1 (página 27). Después de cinco años de evaluación, los sistemas de manejo del cultivo tuvieron un efecto significativo sobre la estabilidad de agregados del suelo (Cuadro 8). El sistema Convencional Monocultivo que es similar a la forma de producción del productor tradicional (sin prácticas agronómicas) produjo un suelo con una estabilidad de agregados Clase 2, el cual de acuerdo con los descriptores del Anexo 1 es un suelo con

pobre desarrollo de agregados, baja porosidad, mal drenaje, baja capacidad de infiltración y de baja productividad. La incorporación de la rotación de cultivos incrementó la estabilidad del suelo a la Clase 3, el cual describe a un suelo con recuperación paulatina de agregados, porosidad media, drenaje regular, capacidad de infiltración regular y productividad media. La adición al sistema de manejo del cultivo de la práctica agronómica de incorporación de abonos verdes al suelo conformó los sistemas Orgánico e Intermedio que incrementaron la estabilidad del suelo a la Clase 4, en donde los suelos tienen un desarrollo moderado de agregados, distribución equilibrada del tamaño de poros, recuperación del funcionamiento del drenaje vertical, y buena capacidad de infiltración y productividad. Como se puede deducir esta variable es un integrador que define la funcionabilidad del suelo.

CONCLUSIONES

Los sistemas de manejo de cultivo Orgánico, Intermedio y Convencional con Rotación mejoraron considerablemente el contenido de materia orgánica y la estabilidad de los agregados y por ende la calidad del suelo, propiciando condiciones favorables para el mejoramiento de la productividad del suelo.

Cuadro 8. Efecto del sistema de manejo del cultivo sobre el contenido de materia orgánica, densidad aparente, dureza (o resistencia a la penetración) y estabilidad de agregados; después de cinco años de aplicación sobre el suelo del área experimental.

SMC / Variable del suelo	Materia Orgánica (%)	Densidad Aparente (g·cm ⁻³)	Dureza (kg·m ² s ⁻² cm ⁻¹)	Estabilidad de agregados (Clase)
Orgánico	1.9	1.43	14.2	4.1
Intermedio	1.6	1.45	14.4	3.8
Convencional con Rotación	1.4	1.39	11.4	2.6
Convencional Monocultivo	0.8	1.51	16.5	1.8

LITERATURA CITADA

- Al-Kaisi M. 2001. Impact of tillage and crop rotation systems of soil carbon sequestration. Iowa State University. University Extension. Paper PM 1871.
- Blake G.R. 1965. Bulk density. *In*: Black C.A. (ed). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Agronomy Monograph Series. American Society of Agronomy. Madison, Wis., USA: 374-390.
- Bravo L.A.G., Galindo G.G., Amador R.M.D. 2006. Tecnología de producción de chile seco. INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 5.
- Bravo, L.A.G., Mojarro D.F. 2006. Riego por goteo y fertirrigación.. *In*: Bravo L.A.A.; Galindo G.G.; Amador R.M.D. (eds.). Tecnología de producción de chile seco. INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 5: 61-76.
- Brady N.C., Weil R.R. 2000. Elements of the nature and properties of soil. 12th edition. New Jersey, USA. Prentice-Hall, Inc.
- Echavarría C.F.G., Medina G.G., Rumayor R.A.F., Serna P.A., Salinas G.H., Bustamante W.J.G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 10.
- Forján, H.L., Manso M.L. 2014 Una tecnología poco costosa: La rotación de cultivos. Disponible: <http://anterior.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agrobarr>

[ow34/Una%20tecnologia%20poco%20costosa.pdf](#).

Consultado 10, jul 2014.

Harrison H.F., Thies J.A., Fery R.L., Smith J.P. 2006. Evaluation of cowpea genotypes for use as a cover crop. HortScience. 41:1145-1148.

Herrick J.E., Whitford W.G., de Soyza A.G., Van Zee J.W., Havstad K.M., Seybold C.A., Walton M. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. CATENA. 44: 27-35.

Herrick J.E., Jones T.L. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. Soil Sci Soc Am J. 66: 1320-1324.

Kirkpatrick T L, Thomas A.C. 2007. Crop rotation for management of nematodes in cotton and soybean. University of Arkansas. Division of Agriculture. Cooperative Extension Service. Paper FSA7550.

Morales-Flores, F.J., Martínez-Menes, M.R. 2014a. Sistema de Agronegocios Agrícolas. 1: Rotación de Cultivos. Colegio de Postgraduados. SAGARPA. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Disponible: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fic_hasaapt/Rutaci%C3%B3n%20de%20cultivos.pdf.

Consultado 18, ago 2014.

Morales-Flores, F.J., Martínez-Menes, M.R. 2014b. Sistema de Agronegocios Agrícolas. 4: Abonos Verdes. Colegio de Postgraduados. SAGARPA. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Disponible: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fic_hasCOUSSA/Abonos%20Verdes.pdf. Consultado 18. Ago 2014.

- Nelson D.W., Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In*: Page A.L., editor. Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties. 2nd ed. Agronomy Monograph Series. Amer Soc Agron. Madison, Wis. USA: 539–579.
- Reznicek E, Jost J., Janke R. 1998. Crop rotation. Kansas Rural Center. Sustainable Agriculture Management Guides. Whiting, Kansas. Paper MG2A.1.
- Rincón V.F., Echavarría C.F.G., Rumayor R.A.F., Mena C.J., Bravo L.A.G., Acosta D.E., Gallo D.J.L., Salinas G.H. 2004. Cadenas de sistemas agroalimentarios de chile seco, durazno y frijol en el estado de Zacatecas: una aplicación de la metodología ISNAR. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Zacatecas. Publicación Especial No.14.
- SAS. 2002-2003. Statistical Analysis System software version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Seybold, C.A., Herrick J.E., Brejda J.J. 1999. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. *Soil Sci.* 164(4): 224-234.
- Siebe C., Jahn R., Stahr K. 1996. Manual para la descripción ecológica de suelos en el campo. Publicación Especial 4, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Chapingo, México.
- Sparks, D.L. 1995. Environmental Soil Chemistry. San Diego, California. Academic Press Inc.: 53-80.
- Tan, H.K. 2000. Environmental soil science. Third Edition. New York, USA. Marcel Dekken Inc.: 239-243.

- Zegbe-Domínguez, J.A., Serna-Pérez A., Bravo-Lozano A.G. 2006. Riego parcial de la raíz en manzano 'Golden Delicious' en un ambiente semi-árido. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 69–73.
- Zegbe-Domínguez J.A., Mena C.J, Valdez C.R.D., Amador R.M.D., Esparza F.G. 2012. Importancia, diversidad genética y situación actual del cultivo del chile en México: *In: Zegbe D.J.A, Valdez C.R.D., Lara H.A. (eds). El Cultivo del Chile en México. Tendencias de Producción y Problemas Fitosanitarios Actuales. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México:9-47.*
- Velásquez V., R. 2006. Manejo integrado de enfermedades. *In Bravo L.A.A.; Galindo G.G.; Amador R.M.D. (eds). Tecnología de producción de chile seco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 5: 121-158.*
- Whisenant S.G. 1999. Repairing damaged wildlands: A process-orientated, landscape-scale approach. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.

ANEXO 1. Descripción de la condición del suelo para diferentes clases de agregación del suelo (Herrick *et al.*, 2001):

Clase 1: Suelo sin desarrollo de agregados, muy baja porosidad, muy mal drenaje y pésima infiltración.

Clase 2: Pobre desarrollo de agregados, baja porosidad, mal drenaje, baja infiltración.

Clase 3: Suelo con recuperación paulatina de agregados, porosidad media, drenaje regular e infiltración media.

Clase 4: Suelos con desarrollo moderado de agregados, distribución equilibrada del tamaño de poros, recuperación del funcionamiento del drenaje vertical y buena velocidad de infiltración.

Clase 5: Suelo con buen desarrollo de agregados, buena distribución de macro y microporos, excelente drenaje superficial e infiltración que mejora la captación y distribución del agua de lluvia.

Clase 6: Suelo de excelente calidad y funcionamiento (suelo meta).

AGRADECIMIENTOS

La realización de este folleto y su publicación se efectuaron con el apoyo económico de la Fundación Produce Zacatecas A.C., a través de los Proyectos:

32-2005-3765. Transferencia de tecnología para recuperar y conservar parcelas de chile afectadas por secadera.

32-08-012879. Alternativas tecnológicas para mejorar la competitividad en el cultivo de chile seco.

FPZ-001847 Convocatoria 2011. Prácticas tecnológicas para mejorar la condición productiva de los suelos cultivados con chile.

También se agradece al Sr. Miguel Juárez Aguilar por su valiosa colaboración en los trabajos de campo y recopilación de información realizada durante la ejecución de los tres proyectos de investigación, de los cuales este folleto es una parte de la información obtenida.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Dr. Guillermo Medina García

Dr. Luis Roberto Reveles Torres

INIFAP Zacatecas

DISEÑO DE PORTADA

Dr. Luis Roberto reveles Torres

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias

Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Comisión Editorial y Vocal: Dr. Alfonso Serna Pérez

Vocal: Dr. Guillermo Medina García

Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández

Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres

Vocal: Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de
Diciembre de 2014 en la Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622,
C.P. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.

Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de 500 ejemplares

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DIRECTORIO

Dr. Francisco Gpe. Echavarría Cháirez Director de Coordinación y Vinculación

Dr.	Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
MC.	Nadiezhdá 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.	Miguel Servin Palestina *	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing.	José Ángel Cid Ríos	Frijol y Garbanzo
Dr.	Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC	Valentín Meler Meraz	Frutales
Ing.	Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
Dra.	Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC	Mayra Denise Herrera	Inocuidad de Alimentos
IIA.	Juan José Figueroa González	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
Ing.	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

