



Agricultura Orgánica

Tercera Parte

ISBN: 978-607-00-3411-4

“El suelo, sustento de vida y nuestro mejor aliado contra el cambio climático”



Editores:



José Luis García Hernández
Enrique Salazar Sosa
Ignacio Orona Castillo
Manuel Fortis Hernández
Héctor Idilio Trejo Escareño

2010



Agricultura Orgánica

Tercera Parte

ISBN: 978-607-00-3411-4

Editores

José Luis García Hernández
Ignacio Orona Castillo
Enrique Salazar Sosa

Manuel Fortis Hernández
Héctor Idilio Trejo Escareño

Instituciones

Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED
Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED
Instituto Tecnológico de Torreón y Facultad de
Agricultura y Zootecnia de la UJED
Instituto Tecnológico de Torreón
Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED

Septiembre, 2010

Título original:

Agricultura Orgánica, Tercera parte

Primera edición, 2010

Diseño de Portada: Héctor Idilio Trejo Escareño

Diseño de Interiores: Enrique Salazar Sosa

Fotografía Contraportada: Manuel Fortis Hernández

© D.R. JOSÉ LUIS GARCÍA HERNÁNDEZ
ENRIQUE SALAZAR SOSA
IGNACIO ORONA CASTILLO
MANUEL FORTIS HERNÁNDEZ
HÉCTOR IDILIO TREJO ESCAREÑO

© D.R. 2010, UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
Constitución, 404 sur
Zona centro, C.P. 34000
Durango, Dgo.

ISBN: 978-607-00-3411-4

Impreso y hecho en Durango, Mex.

Contenido	Página
Presentación	i
Prologo	iii
Contenido	iv
Capítulo I AGRICULTURA ORGÁNICA: EL CASO DE MÉXICO	1
Cándido Márquez-Hernández, Pedro Cano-Ríos, José Luis García-Hernández, Norma Rodríguez-Dimas, Pablo Preciado-Rangel, Alejandro Moreno-Resendez, Enrique Salazar-Sosa, Gamaliel Castañeda-Gaytan, Efraín De La Cruz Lázaro	
Capítulo II RELACIONES ANISOSIMBIÓTICAS Y LA TRANSFORMACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO DEL SUELO	29
David Espinosa-Victoria y Hortensia Brito-Vega	
Capítulo III CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE SEROTIPOS DE <i>Salmonella</i> ASOCIADOS A SISTEMAS PRODUCTIVOS DE MELÓN Y CHILE BELL	51
Miguel Ángel Gallegos-Robles, Alberto Morales-Loredo, Genoveva Álvarez-Ojeda, Juan de Dios Quevedo-Guillen, Cirilo Vázquez-Vázquez	
Capítulo IV APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE ORIGEN ANIMAL, VEGETAL Y DOMÉSTICO PARA LA ELABORACIÓN Y USO DE COMPOSTA EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA.	69
Alejandra Nieto-Garibay, Bernardo Murillo-Amador, Enrique Troyo-Diéquez, Alfredo Beltrán-Morales, Francisco Higinio Ruíz-Espinoza, José Luis García-Hernández	
Capítulo V LA FUNCION DE LOS BIOFERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE AVENA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL	83
Jesús Pilar Amado Álvarez, Mayra Denise Herrera, Mario René Ávila Marioni, Orlando Ramírez Valle, Rodolfo Jacinto Soto, José Cruz Jiménez Galindo, y Juan Luís Jacobo Cuellar	
Capítulo VI PECAN PRUNING WOOD AS AN ORGANIC AMENDMENT	112
William C. Lindemann and Mohammed Tahboub	

Capítulo VII RIEGO AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES, DISEMINADOR DE PATOGENOS EN EL VALLE DE JUÁREZ	139
Diego Barragán-Camacho, Evangelina Olivas Enríquez, Juan Pedro Flores-Márgez	
Capítulo VIII EFECTO DE LA SOLARIZACIÓN DEL ESTIERCOL DE BOVINO Y OVINO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE FÓSFORO POR EL TRITICALE (X Triticosecale Wittmack)	145
Héctor Idilio Trejo Escareño, José Ascención Toca, Ramírez, Jacinto Toca Ramírez, Enrique Salazar Sosa, José Dimas López Martínez	
Capítulo IX EFECTO DEL ESTIERCOL DE BOVINO Y OVINO SOLARIZADOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE AVENA FORRAJERA (<i>Avena sativa</i>) VARIEDAD CHIHUAHUA	167
Jacinto Toca Ramírez, José Ascención Toca Ramírez, Héctor Idilio Trejo Escareño, Enrique Salazar Sosa, José Dimas López Martínez	
Capítulo X PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO VARIEDAD SAN LORENZO CON INCORPORACIÓN DE ESTIERCOL SOLARIZADO	190
Manuel Fortis-Hernández, Pablo Preciado-Rangel, Miguel Á. Segura-Castruita, José Luis Hernández-García, Ignacio Orona-Castillo, Jorge Arnaldo Orozco-Vidal, Enrique Salazar-Sosa y Juan Antonio Leos-Rodríguez	
Capítulo XI POLUCIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS CON ENTEROPARASITOS RESISTENTES A LA CLORACION.	209
Evangelina Olivas, Eduardo González, Gerardo Rodríguez, Enrique Salazar y Armando Noé Moreno Hernández	
Capítulo XII PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE MAÍZ	220
Enrique Salazar Sosa, Héctor Idilio Trejo, Cirilo Vázquez Vázquez, José Dimas López Martinez, J. Antonio Chavarria Galicia	

Capítulo XIII	
ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO EN <i>Capsicum annum</i> L. INOCULADAS CON <i>Azospirillum halopraeferens</i>	244
Edgar O. Rueda-Puente, Jaime Ricardo Ortega Clavero, Mario A. Tarazón Herrera ¹ , Enrique Troyo Diéguez, Bernardo Murillo Amador, José Luis García Hernández, Félix Alfredo Beltrán Morales y Francisco Higinio Ruíz Espinoza	
Capítulo XIV	273
TECNOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN, PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS ORGÁNICAS	
Francisco Higinio Ruiz Espinoza, Félix Alfredo Beltrán Morales, José Guadalupe Loya Ramírez, Bernardo Murillo Amador, Alejandra Nieto Garibay, Marco Antonio Torres Tapia, José Luis García Hernández, Sergio Zamora Salgado, José Bretón Madariaga	
Capítulo XV	296
SOLUCIONES NUTRITIVAS PREPARADAS CON FUENTES ORGANICAS DE FERTILIZACION	
Pablo Preciado Rangel, Francisca Sánchez Bernal, Vicente Arturo Velazco Velazco, Jesús Frías Pizano, Manuel Fortis Hernández, José Luis García Hernández, Edgar Omar Rueda Puente y Cándido Márquez Hernández	
Capítulo XVI	313
DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE CON DIFERENTES TIPOS DE ESTIERCOL Y DOS MÉTODOS DE COMPOSTEO BAJO CONDICIONES DE UN INVERNADERO RÚSTICO EN LA COMARCA LAGUNERA	
Rafael Figueroa Viramontes, Cirilo Vázquez Vázquez, Salvador Berumen Padilla, Rafael Zúñiga Tarango, Ignacio Orona Castillo, Antonio Gallegos Ponce	
Capítulo XVII	332
PERCEPCIÓN DEL USO DE AGROQUÍMICOS Y EXTRACTOS VEGETALES EN EL MANEJO DE PLAGAS EN SAN JOSÉ LAS LAJAS, CUBA	
Railén Amador Irure, Dagoberto Mederos Mederos, Tomás Díaz Valdés, Ignacio Orona Castillo	
Capítulo XVIII	350
SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS EN LA PRODUCCION DE HIERBAS AROMATICAS ORGÁNICAS EN BAJA CALIFORNIA SUR	
F. Alfredo Beltrán-Morales, F. Higinio Ruiz-Espinoza, José G. Loya-Ramirez, Bernardo Murillo-Amador, Sergio Zamora-Salgado, José Antonio Beltrán Morales, Enrique Troyo- Dieguez, José Luis García Hernández	

Capítulo XIX

DETECCION DE *Cryptosporidium parvum* Y *Giardia lamblia* EN SUELOS IRRIGADOS
CON AGUAS RESIDUALES 369

Juan Pedro Flores-Márgez, Evangelina Olivas-Enríquez, Jaime Iglesias Olivas, Baltazar
Corral Díaz, Yendy Nallely Rocha-Guadarrama y Jesús Abraham Gómez-Carbajal

Capítulo XX

DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO (*ZEA MAYS L.*) BAJO
CONDICIONES DE NIROGENO RESIDUAL EN LA LAGUNA. 401

Miguel Ángel Urbina-Martínez, José Luis García-Hernández, Enrique Salazar-Sosa, José Dimas
López-Martínez, Ignacio Orona-Castillo, Bernardo Murillo-Amador

Capítulo XXI

INDICES DE CRECIMIENTO EN MAÍZ FORRAJERO BAJO FERTILIZACIÓN
ORGANICA Y QUIMICA 420

Jorge Arnoldo Orozco-vidal, Manuel Fortis-Hernández, Miguel Angel Segura-Castruita,
Pablo Preciado-Rangel, Pablo Yescas-Coronado, Enrique Salazar-Sosa, Héctor Idilio Trejo-
Escareño

Capítulo I

AGRICULTURA ORGÁNICA: EL CASO DE MÉXICO

Organic Agriculture: The case of Mexico

Cándido Márquez-Hernández^{1*}, Pedro Cano-Ríos², José Luis García-Hernández¹, Norma Rodríguez-Dimas², Pablo Preciado-Rangel³, Alejandro Moreno-Resendez², Enrique Salazar-Sosa¹, Gamaliel Castañeda-Gaytan¹, Efraín De La Cruz Lázaro⁴

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Av Universidad s/n. Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Dgo. México (*canomh2@yahoo.com.mx). ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coah. México. ³Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coah. México. ⁴Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

RESUMEN

La producción orgánica en México es relativamente nueva, sin embargo, el sistema de producción de alimentos de nuestros antepasados era agricultura orgánica. La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. Actualmente existe confusión entre agricultura orgánica y orgánica certificada. Se presenta la recopilación de información escrita sobre la agricultura orgánica en México, incluyendo libros, artículos de divulgación y difusión así como artículos científicos.

Palabras clave: *Sistemas de producción, abonos, invernaderos, certificación, sustratos*

SUMMARY

Organic production in Mexico is relatively new, however, the food production system of our ancestors was organic agriculture. Organic food production is an alternative for consumers who prefer food free of synthetic pesticides and fertilizers, innocuous and with a high nutritional value. Currently there is

confusion between organic and certified organic agriculture. This work presents a collection of written information on organic agriculture in Mexico, including books, popular articles and broadcast and scientific papers.

***Index words:** Production systems, enmiends, greenhouse, certification, substrate*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta la recopilación de información escrita sobre la agricultura orgánica en México, incluyendo libros, artículos de divulgación y difusión así como artículos científicos. Es importante señalar que será común no encontrar algunos títulos básicos de las experiencias en México, sin embargo, aclaramos que de ninguna forma fue nuestro interés, el omitirlos. El presente trabajo no comulga con el enfoque holístico ni productivo sino que únicamente presenta, a grandes rasgos, lo que se ha escrito en México.

Actualmente hay debate entre, si los productos orgánicos son más caros que los convencionales, o bien, si son del mismo costo; la diferencia básica es la ganancia para el productor y/o el costo para el comprador, siendo primordial la adquisición o venta de un producto saludable. De presentarse un mayor auge a este sistema de producción, la población nacional, degustará de forma más saludable elevando su nivel de vida

La agricultura orgánica es un término muy relativo debido a que dependiendo en lo que se vaya a aplicar es la tesitura que aplica; lo anterior debido a que una cosa es la agricultura orgánica normal y otra muy distinta es la agricultura orgánica certificada. En el primer caso se puede presentar únicamente aplicando estiércol como fertilizante, total o parcialmente, o bien aplicando insecticidas orgánicos, biofertilizantes, o productos artesanales; en el segundo caso, se deberá forzosamente pasar por todo un proceso de certificación de todo el sistema de producción es de insumos, manejo y administración del predio. Lo anterior, en ocasiones causa confusión en los productores que esperan obtener un sobreprecio por su cosecha cuando únicamente aplicaron en sus sistema de producción, la agricultura orgánica normal, la cual en ningún caso, podrá obtener un sobreprecio, situación que si se obtiene en el segunda caso. Es importante señalar que también se presentan en el País dos tipos de productores, aquellos que van de acuerdo a la agricultura orgánica como sistema holístico y aquellos

que lo ven como un buen negocio, dejando de lado, las cuestiones medioambientales; no obstante ambos sistemas de producción son susceptibles de ser certificados

AGRICULTURA ORGÁNICA ¿QUÉ ES?

Existen distintas definiciones de agricultura orgánica, entre las cuales se presentan las siguientes: la agricultura orgánica proscrib el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad (Pérez y Landeros, 2009). Espinoza *et al.* (2007), señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa. Gómez *et al.* (2008) señalan que la agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el medio ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los peligros de la agricultura convencional o moderna

Por otro lado, Félix *et al.* (2008) mencionan que la agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos. Nahed *et al.* (2009) mencionan que la agricultura orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería. En términos generales se describen el impacto de carácter ambiental así como la preocupación del hombre sobre la calidad de alimentos que consume, como resultados de la actividad agrícola convencional, lo cual ha dado pie a la implementación de sistemas de producción agrícolas ambientalmente amigables, cuya denominación genérica es agricultura orgánica (Moreno *et al.*, 2009)

La agricultura orgánica se define mejor como aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mejoran la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a la finca, toma en cuenta las condiciones regionales que requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales, lo que se logra al utilizar en lo posible métodos culturales,

biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex Alimentarius, 1999; Gómez, 2000).

AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO, LA HISTORIA

En el trabajo de Gómez *et al.*, (2006) se cita que a finales de la década de los ochenta, los países desarrollados comenzaron a demandar productos tropicales y de invierno producidos en forma orgánica, que en sus territorios no se pueden cultivar, estimulando de esta manera la práctica de la agricultura orgánica en México. A través de algunas comercializadoras, ONG y grupos religiosos (Teología de la Liberación) se fomentó en México la apropiación de esta nueva forma de producir, para poder complementar y diversificar una demanda ya creada en el exterior. En un inicio, agentes de países desarrollados se conectaron con diferentes actores en México, solicitándoles la producción de determinados productos orgánicos, así comenzó su cultivo, principalmente en áreas donde insumos de síntesis química no eran empleados. Este fue el caso de las regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional en los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente, compañías comercializadoras de los Estados Unidos influenciaron el cambio a la producción orgánica en la zona norte del país, ofreciendo a empresas y productores privados financiamiento y comercialización, a cambio de productos orgánicos. Esto permitió a las compañías abastecer mucho mejor la demanda de los productos solicitados en los tiempos y temporadas específicas requeridas, a la vez que obtuvieron mejores precios por ellos.

El desarrollo de la agricultura ecológica en México ha sido sorprendente; surgió desde la década de los años ochenta en solo algunos lugares y en pocos años se ha extendido a muchos otros multiplicando su superficie e incursionando cada vez más en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores campesinos e indígenas de escasos recursos. (Pérez, 2004).

Beltrán *et al.* (2009) mencionan que la práctica de la agricultura orgánica en Baja California Sur se inició a mediados de los años 80's y en sus sistema de producción debían cumplir las normas del NOP de los Estados Unidos.

AGRICULTURA ORGÁNICA, ESTADÍSTICAS

Gómez *et al.* (2006) mencionan que para 2005 había 307,692 ha las cuales generaban alrededor de 270 millones de dólares en divisas (Cuadro 1)

Cuadro 1. México. Importancia económica de la agricultura orgánica (Gómez *et al.*, 2004; Gómez *et al.*, 2006)

	1996	1998	2000	2002	2004/05
Superficie (ha)	23,265	54,457	102,802	215,843	307,692
Número de Productores	13,176	27,914	33,587	53,577	83,174
Empleo (1,000 jornales)	3,722	8,713	16,448	34,534	40,747
Divisas generadas (US\$ 1,000)	34,293	72,000	139,404	215,000	270,503

En el Cuadro 2 se observa la superficie por producto o cultivo, en donde sin duda, el principal cultivo orgánico en México, es el café con 147,136.74 Ha (Gómez *et al.*, 2006)

Por otro lado, en la Figura 1 se muestra el porcentaje de la superficie orgánica, cuyo porcentaje faltante, representa la producción convencional, sobresale la frambuesa con el 83% de producción orgánica mientras que el restante 17% es producida de forma convencional en el país (Gómez *et al.*, 2006)

En el Cuadro 3 se presenta una comparación entre los rendimientos convencionales y orgánicos de algunos cultivos sobresaliendo el mango con 5.15 t ha⁻¹ extras, al comparar la producción orgánica contra la convencional (Gómez *et al.*, 2006). En el Cuadro 4 se presenta la tipología de los productores mexicanos del sistema orgánico, en donde es evidente que el sistema de producción orgánico en México lo llevan los pequeños productores, es decir, aquellos que tienen menos de 30 ha. Cabe resaltar que la participación de los productores más desprotegidos del país, los indígenas, representan poco más del 58% de los productores orgánicos en el País (Gómez *et al.*, 2006).

Cuadro 2. México. Superficie de la agricultura orgánica por cultivo (Gómez *et al.*, 2006)

<i>Cultivo</i>	<i>1996</i>	<i>1998</i>	<i>2000</i>	<i>2004-2005</i>
Café	19,040.00	32,161.00	70,838.09	147,136.74
Hierbas aromáticas ¹ y medicinales	*	*	2,510.90	30,166.49
Hortalizas ²	2,387.00	4,391.00	3,831.49	24,724.86
Cacao		252.00	656.00	17,313.86
Uva silvestre				12,032.00
Hortalizas asociadas con otros cultivos ³				8,691.91
Coco				8,400.00
Maguey (agave tequilero y mezcalero)			3,047.00	5,943.30
Nopal silvestre, nopal (tuna, verdura y xoconostle) y lechuguilla				5,039.07
Maíz		970.00	4,670.50	3,795.47
Café asociado con otros cultivos ⁴				2,905.82
Aguacate	85.00	307.00	911.00	2,652.09
Ajonjolí	563.00	1,895.00	4,124.75	2,497.75
Mango		284.00	2,075.00	2,132.42
Otros	1,198.00	14,197.00	10,137.65	19,027.48
Total nacional	23,273.00	54,457.00	102,802.38	292,459.26

^{1/} Incluye mejorana, tomillo, menta, orégano, damiana y gobernadora; ^{2/} Incluye 22 cultivos (acelga, ajo, apio, betabel, berenjena, brócoli, calabaza, calabacita, cebolla, cilantro, col, coliflor, chayote, chícharo, ejote, elote, espinaca, jitomate, lechuga, papa, pepino, tomate y zanahoria); * Se incluyó en hortalizas.

Fuente: CIESTAAM, 1996, 1998, 2000 y 2004/05

Los datos evidencian que la agricultura orgánica en México tiene un carácter dual, ya que por un lado están los pequeños productores, campesinos organizados, quienes trabajan con tecnologías que son intensivas en manos de obra y usan insumos de bajo costo, producidos por ellos mismos. Estos productores reciben apoyo principalmente de ONG, muchas de ellas del extranjero; por otro lado, está el reducido grupo de productores de tipo empresarial que han incursionado en ese sector por considerarlo un nicho comercial atractivo, mientras que la motivación por el aspecto ambiental tiene importancia mínima para ellos. Geográficamente se concentran en el centro-norte del país y se dedican al cultivo de frutas y hortalizas. La mayoría de ellos trabaja con tecnología intensiva, muchas veces importada del extranjero y usan insumos producidos fuera de la empresa (Gómez *et al.*, 2006). En la Figura 2, los estados del País en los cuales se lleva a cabo agricultura orgánica (Pérez, 2004).

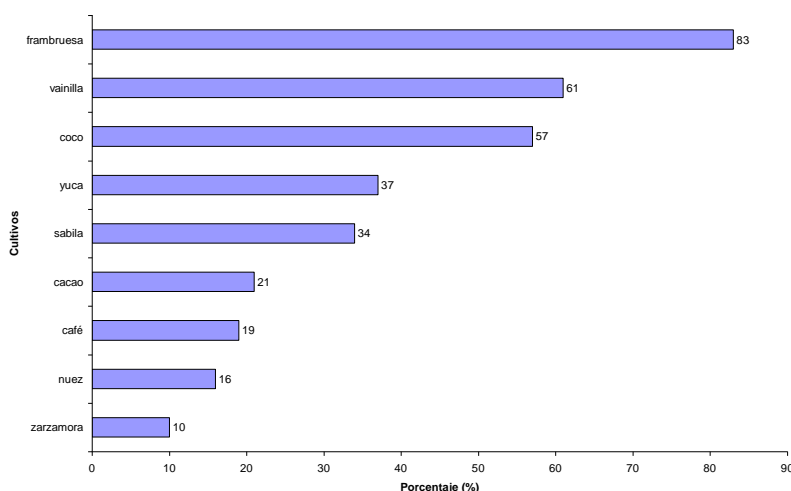


Figura 1. Participación de algunos cultivos orgánicos en su superficie total, 2004/05 (% orgánico en comparación con la superficie convencional) (Gómez *et al.*, 2006).

En México, la agricultura orgánica no contempla los agostaderos, a pesar de que son predios a los cuales nunca se le han aplicado agroquímicos, no obstante, no están certificados; así pues, existe un potencial con las superficies con pastos naturales, en las distintas regiones agroecológicas del territorio nacional (Espinoza *et al.*, 2007; Nahed *et al.*, 2009)

Cuadro 3. México. Rendimiento de los principales cultivos orgánicos vs cultivos convencionales (Gómez *et al.*, 2006)

Producto	Producción* (toneladas)	Rendimiento (t/ha)		Diferencia
		Orgánico	Convencional	Orgánico vs Convencional
Mango		14.35	9.20	5.15
Guayaba	10,287.75	16.50	13.40	3.10
Café cereza**	411,982.87	2.80	1.28	1.52
Cacao seco	10,388.32	0.60	0.16	0.44
Maíz	10,247.77	2.70	2.45	0.25
Nopal	133,031.45	26.40	26.96	-0.56
Limón	n. d.	14.70	15.56	-0.86
Manzana	3,830.72	15.10	16.00	-0.90
Aguacate	21,534.24	8.12	9.50	-1.38
Plátano	2,369.17	15.50	24.50	-9.00

*Estimada en función de la superficie y el rendimiento de cada cultivo; **Equivalente a 94,756.060 toneladas pergamino (1'647,931.00 sacos de 57.5 kilogramos de café pergamino). Fuente: CIESTAAM, 2005 y SAGARPA, SIACON, 2005.

Cuadro 4. Tipología de productores en la agricultura orgánica (Gómez et al., 2006)

Tipo de productor	1996		2000		2004-2005	
	Número	%	Número	%	Número	%
Pequeños	12,847	97.5	33,117	98.6	80,319	99.57
Grandes*	329	2.5	470	1.4	345	0.43
Total	13,176	100.0	33,587	100.0	80,664	100.00

* Incluye medianos productores (> a 30 y < a 100 hectáreas). Productor pequeño: < de 30 hectáreas y organizados en sociedades de producción; Productor grande: > de 100 hectáreas.

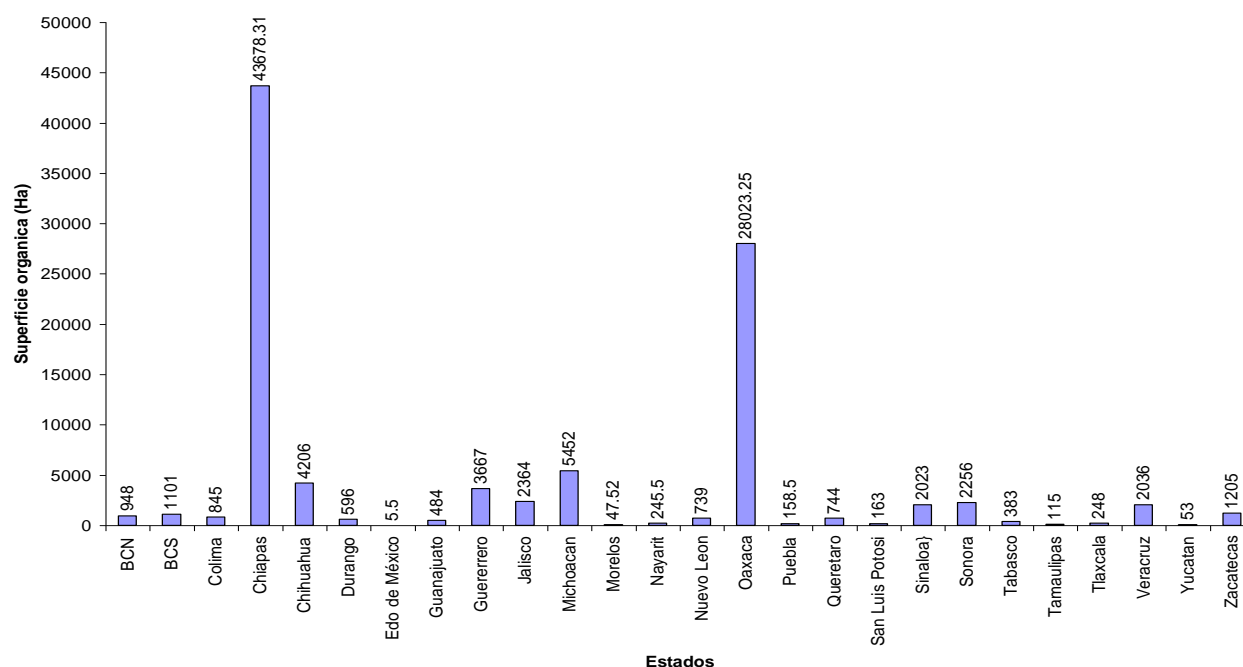


Figura 2. Superficie de producción orgánica por estados en México (Pérez, 2004)

AGRICULTURA ORGÁNICA COMO POLÍTICA

Los gobiernos han establecido definiciones legales de “orgánico” e implementado mecanismos de cumplimiento obligatorio; como un ejemplo de ello, en México se publicó la Ley de Productos Orgánicos en febrero de 2006 (DOF, 2006), y actualmente se desarrollan foros de consulta nacionales

para elaborar el Reglamento correspondiente. Pérez (2006) menciona que con la publicación de la Ley de Productos Orgánicos el 7 de febrero de 2006 es el inicio de una política de fomento a la agricultura orgánica; los principales objetivos son: 1.- Fomentar el desarrollo de estos sistemas productivos en el territorio nacional, para la recuperación de cuencas hidrológicas, aguas, suelos, ecosistemas, así como agroecosistemas deteriorados por las prácticas convencionales de producción y reorientar las prácticas sustentables y amigables con el ecosistema. 2.- Fomentar la producción de alimentos libres de sustancias dañinas al hombre y a los animales para con ello contribuir a la soberanía y a la seguridad alimentaria en sectores más desprotegidos. 3.- Fomentar el desarrollo de un mercado nacional de consumidores de productos orgánicos, ecológicos y naturales. Existe también la NOM-037-FITO-1995

En un estudio realizado por Gómez *et al.* (2005) sobre las limitaciones institucionales para la agricultura orgánica en México, muestran que 45% de los campesinos entrevistados menciona la falta del apoyo gubernamental y los excesivos procedimientos burocráticos, 20% menciona un marco legal inapropiado y 15% de los campesinos indica que las políticas públicas incluso se oponen al fortalecimiento de la producción orgánica. En otras palabras, aquellos campesinos que no siguen el modelo dominante de desarrollo rural tienen un lugar limitado o nulo en las políticas de desarrollo rural. También para que este sistema de producción gane adeptos en nuestro país, se requiere en todo caso, del concurso de los productores a nivel de cooperativas y/o su interacción con la iniciativa privada, aunado a incentivos fiscales para que se estimule la creación de laboratorios nacionales con reconocimiento mundial, así como del apoyo e las instituciones de educación superior y gubernamentales dedicadas a la investigación agropecuaria (Quiroz y Miranda, 1994)

Pérez (2004) señala que las políticas nacionales deben considerar aspectos sustentables considerando a la agricultura ecológica como un bastión indispensable e incluso crear un instituto de investigaciones que respalde a los productores orgánicos. Gerritsen y Morales (2009) señalan que actualmente las políticas públicas se basan en la promoción de un modelo que favorece la agricultura comercial sin considerar la diversidad biológica o socioproductiva.

AGRICULTURA ORGÁNICA COMO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La agricultura orgánica no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos, tales como composta, fermento, lombricomposta, entre otros, el suelo, sino conlleva un cambio de conciencia, un camino con muchos pasos, donde el primero está en la cabeza de cada uno, el querer creer y cambiar.

Este movimiento está regido por cuatro principios básicos: 1) maximizar los recursos que la ente posee, 2) buscar al máximo la dependencia de insumos externos, 3) provocar el menor impacto posible dentro de las modificaciones que se hagan al lugar y al entorno y 4) no poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor (Félix *et al.*, 2008).

La producción de hortalizas en huertos orgánicos cada día toma más auge ya que cumple con los parámetros preestablecidos en las normas de calidad, pueden consumirse en forma fresca, en muchos casos directamente del huerto al consumidor, con precios similares a los del mercado, y en algunos casos más baratos superando en calidad a la hortaliza de los supermercados (Gómez *et al.*, 2001)

En México, la agricultura orgánica ha sido acogida por los productores de manera limitada, ya que si bien no podemos negar que este sistema agrícola contempla la sustentabilidad/regeneración del área sujeta a explotación agropecuaria tampoco podemos negar que presenta algunas barreras, sobre todo aquellas de índole económico, insalvables para la mayoría de los productores nacionales; un ejemplo de ello es la alta dependencia del mercado extranjero que existe tanto para la compra como para la continua certificación de la calidad de sus productos (Quiroz y Miranda, 1994).

Los principales problemas de que enfrenta la agricultura orgánica, en México y en algunos lugares del mundo son: 1) Comercialización, 2) Limitantes ambientales, 3) Costos de producción 4) Insuficiente capacitación e investigación. 1.- La comercialización, debido a la falta de suministro constante de producto así como los canales de comercialización adecuados, además de la oferta y demanda, aunado a la baja oferta de volúmenes de exportación así como al poco desarrollo del mercado interno sin dejar de lado la lejanía con el principal consumidor de productos orgánicos, la Unión Europea. 2.- Las limitantes ambientales, debido al problema latente de la contaminación cruzada, al realizar aspersiones aéreas de agroquímicos en áreas aledañas a las orgánicas, repercutiendo en la contaminación de éstas, así como el agotamiento de los suelos, aunado a que no en todas las zonas agroecológicas se pueda producir todos los productos, además que a pesar de no utilizar agroquímicos no permisibles, en ocasiones los productos obtenidos toman del suelo los químicos aplicados años anteriores o bien de las deposiciones atmosféricas. 3.- Los costos de producción, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y/o de reciente introducción al mercado, por consiguiente de precio elevado, encareciendo el sistema de producción. 4.- Mientras que la insuficiente capacitación e investigación, se presenta debido al déficit de técnicos y/o instituciones expertas en el tema. Además, algunos productores ven como problema, al costo de la certificación, no obstante, éste se ve amortizado rápidamente (Gómez *et al.*, 1999; Gonzáles *et al.*, 2003; Márquez *et al.*, 2009)

La normativa orgánica permite evitar el tiempo de reconversión en dos situaciones: 1) cultivar en un suelo virgen y 2) en un sustrato orgánico certificado. 1) Cultivar en un suelo virgen, con al menos diez años sin cultivo alguno, para lo cual, comúnmente, se tienen que realizar desmontes para acondicionar el terreno como área agrícola. 2) Sustrato orgánico, producir sin utilizar el suelo, es decir en un sustrato, que cumpla los estándares de la certificación. Diversos trabajos mencionan que mezclando composta con medios inertes es posible evitar el tiempo de transición (Márquez *et al.*, 2009)

De Santiago (2007) menciona que en México, la idea de la producción orgánica de tomate es establecer programas adecuados, y no sólo proyectos de producción semiorgánica; para ello, se están realizando pruebas con investigadores de Canadá e Israel, que cuentan con un paquete de tecnología especializado en la producción de tomates orgánicos. Se desarrollaran al menos 500 hectáreas de pruebas en Sinaloa, Sonora, Baja California, Veracruz, Puebla, Quintana Roo y Michoacán; las pruebas iniciales serán parte de un programa muy bien definido, en el cual los fertilizantes orgánicos serán la base de este proyecto, ya que como es del conocimiento de la mayoría de los productores, la disponibilidad y el precio de los fertilizantes orgánicos ha sido una limitante, aunada a la baja productividad de los sistemas orgánicos. Sin embargo, la nueva tecnología de producción podrá asegurar, por un lado la disponibilidad y abastecimiento de fertilizantes orgánicos, así como una productividad similar a la que se obtiene en los métodos tradicionales.

Entre los factores que han favorecido al crecimiento de la agricultura orgánica en México se encuentra el conocimiento tradicional indígena que se incorpora a la recuperación de los recursos naturales y que se manifiesta en el amor por la madre tierra, como parte de la cosmovisión de los productores; el desarrollo de estructuras de organización que permiten desarrollar capacitación y brindar asesoría técnica entre sus miembros, contar con sistema de control interno y tener acceso a la certificación; la creciente demanda internacional de productos orgánicos y obtención de precios premium (Gómez *et al.*, 2005b). Almaguer *et al.* (2005) mencionan que durante el periodo de conversión de un sistema convencional a orgánico es de suma importancia tener en cuenta todos los aspectos, de lo contrario los rendimientos disminuirán más de lo normal.

Arroyo (2005) menciona que la producción de hortalizas por el método biointensivo, es un método de agricultura orgánica en pequeña escala que por sus características usa tecnología sencilla pero sofisticada, lo que permite que sea fácilmente adoptado por pequeñas comunidades, con los recursos naturalmente existentes, y que en relación con la agricultura mecanizada de los Estados Unidos: obtiene altos rendimientos aun en condiciones adversas del suelo; no requiere de maquinaria o

fertilizantes y plaguicidas químicos; la energía mecánica o humana invertida representa solo el 1% por unidad de alimento producida; solo requiere de un 30% del agua, lo que es particularmente importante en zonas áridas o con poca lluvia; propicia la autosuficiencia y usado adecuadamente restituye la fertilidad al suelo, al mismo tiempo que produce alimentos. Sin embargo la mayor ventaja del Método no es su alta productividad en poco espacio o el ahorro de insumos, su mayor beneficio es que reconstruye el suelo 60 veces más rápido que la naturaleza.

Por otro lado, la inocuidad alimentaria (Leos, 2002) va muy de la mano con la agricultura orgánica no obstante, no son sinónimos, es decir, no por ser un producto orgánico, estrictamente es un producto inocuo; si bien es cierto que es más fácil llegar a la inocuidad cuando cumples con las normas orgánicas, los riesgos biológicos son los que se deben atender de forma más puntual para llegar a ser sinónimos los alimentos orgánicos y los alimentos inocuos

Márquez *et al.* (2009) señalan que aun, es común encontrar personas, productores y/o técnicos que relacionan los productos orgánicos con productos de mala calidad ya que al no utilizar productos de síntesis química, no conciben que los productos puedan tener calidad y mucho menos rendimientos aceptables. Al inicio de las producciones orgánicas, los productos eran saludables e inocuos sin embargo carecían de calidad, no obstante, actualmente se han tenido avances significativos en producción, calidad, número de productores, insumos, sistemas de producción, etc.

Un escalón previo a la agricultura orgánica es la agricultura sustentable; Gerritsen y Morales (2009) mencionan un movimiento de agricultura sustentable y el comercio justo que se lleva en el occidente de México llamado Red de Alternativas y Agropecuarias de Jalisco (RASA) el cual puede ser considerado como una iniciativa local cuyo objetivo es fortalecer el desarrollo rural sustentable.

AGRICULTURA ORGÁNICA Y LA FITOSANIDAD

En la agricultura orgánica, el manejo de plagas puede ser el reto más difícil de resolver. Se requiere aprender a administrar los recursos disponibles en bienestar de la generación presente y de las futuras. Se deben valorar y aprovechar las innumerables especies vegetales con potencial repelente o insecticida. Es importante aprovechar la guerra interna que se desarrolla en la clase Insecta, encontrar y desarrollar los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos. El ser humano tiene ante sí otra oportunidad de demostrar su capacidad de ingenio y creatividad para sostenerse como parte de los

ecosistemas del planeta. Hasta el momento el hombre ha sido capaz de defenderse de sus enemigos naturales para permanecer sobre la faz de la tierra, la utilización de técnicas limpias como la agricultura orgánica son probablemente la mejor alternativa para superar las condiciones actuales (García *et al.*, 2009a). Al comparar sistemas de producción convencionales respecto a sistemas orgánicos tenemos que existen mayor incidencia de plagas en predios convencionales aun aplicado pesticidas en dicho sistema, lo que permite concluir que en el sistema orgánico se da un equilibrio natural (Gerritsen y González, 2008). Bernal (1995) y Navajas (2002) mencionan que lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales. Loya *et al.* (2009) menciona un manejo integrado de nematodos parásitos en la agricultura orgánica

Los alimentos orgánicos son producidos mediante prácticas que promueven la fertilidad del suelo y la diversidad biológica, y excluyen todos aquellos productos químicos que se usan en la agricultura convencional. En regiones aisladas este tipo de producción no presenta serios inconvenientes, ya que el mismo sistema protege los cultivos de altos niveles de plagas y enfermedades. La demanda de alimentos orgánicos se ha incrementado desde hace dos décadas, por lo que producir en baja escala y en forma aislada no puede satisfacer los requerimientos del mercado. Esta demanda se ha convertido en una oportunidad de desarrollo importante en varios países. En superficies mayores tienden a aumentar las poblaciones de plagas y enfermedades, por lo que es necesario implementar actividades que ayuden al sistema a reducir dichas poblaciones. Este tipo de agricultura permite el control biológico, cultural, mecánico y físico, aunque su utilización la limitan los estándares y reglamentos señalados por las agencias certificadoras. Los productores deben determinar el manejo óptimo de plagas mediante estrategias que estén consideradas dentro del ambiente regulatorio del movimiento orgánico (García *et al.*, 2009a)

AGRICULTURA ORGÁNICA, ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES

A través de los años, y como resultado de las actividades realizadas por diversos investigadores a nivel mundial, se han generado innumerables evidencias respecto a los beneficios, ventajas y razones relacionadas con el empleo de los abonos orgánicos en sistemas de producción orgánica. Nieto *et al.* (2002) resaltan que la importancia de este tipo de materiales se debe, entre otros aspectos a: 1) La

incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compost) con fines de bioremediación de suelos agrícolas es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años. El manejo de los abonos orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos domésticos de frutas y verduras, desechos agrícolas verdes y secos) a su agrosistema. 2) Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación. Las consecuencias directas de estos dos últimos eventos son la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y la contaminación de los suelos y de los mantos freáticos, cuya producción agrícola puede también estar contaminada. Las consecuencias indirectas se reflejan en la afectación de la flora y fauna del ambiente aledaño al suelo dañado y 3) Desde el punto de vista económico, el uso de abonos y productos orgánicos se ha fomentado por la agricultura orgánica; que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas. La agricultura orgánica representa un valor agregado a los productos que se obtienen, sus precios son mayores que los de la agricultura convencional, por lo que esta práctica se hace más atractiva para el productor. La agricultura orgánica demanda el uso de abonos orgánicos para mantener sano el suelo y los productos cosechados libres de sustancias tóxicas. El uso de abonos orgánicos es atractivo por su menor costo en producción y aplicación, por lo que resulta más accesible a los productores, sobre todo en países donde la mayor parte de la producción de alimentos se logra a través de una agricultura no tecnificada tal como ocurre en América Latina.

Los efectos de la composta permiten mejorar los suelos agrícolas, incluyendo los suelos de zonas áridas y semiáridas, que en general presentan pobreza de fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y pH alto. (FAO, 1991; Trueba, 1996; Ruiz, 1996). Desde el punto de vista económico es atractivo su uso, ya que el costo a granel de composta representa aproximadamente el 10% menos que el uso de fertilizantes químicos (Trápaga y Torres, 1994). La agricultura orgánica demanda el uso de abonos orgánicos para mantener sano el suelo y los productos cosechados libres de sustancias tóxicas, así como fuente de nutrientes (Trapaga y Torres, 1994; Márquez *et al.*, 2004). Las características químicas y microbiológicas de las compostas y vermicompostas son muy semejantes, sin embargo la respuesta de los cultivos a la aplicación de la vermicomposta suele ser superior a la de la composta convencional (Santamaria *et al.*, 2001). El estiércol es la materia prima básica para realizar composta. Fortis *et al.* (2009) mencionan que la Comarca Lagunera es una de las principales cuencas lecheras del País con más de 223,547 vientres los cuales generan 1,177,370 kg de estiércol por día.

Dibut y Martínez (2006) y Padilla *et al.* (2006) señalan que el empleo de biofertilizantes – como componentes esenciales de los sistemas sustentables - tiene como propósitos esenciales: reducir el uso de fertilizantes sintéticos o de los insumos externos, mejorar la cantidad y la calidad de los recursos internos, controlar enfermedades sin aplicación de fungicidas e incrementar el rendimiento de las especies vegetales. Adicionalmente estos productos favorecen la rápida descomposición de la materia orgánica y la asimilación de elementos nutritivos, consumen poca energía, incrementan la fertilidad del suelo, permiten una producción a bajo costo, favorecen el antagonismo y control biológico de organismos fitopatógenos y no contaminan el ambiente.

Debido al incremento en el costo de los fertilizantes sintéticos y a la contaminación que algunos propician en el ambiente, cuando se utilizan irracionalmente, es necesario encontrar alternativas de fertilización, económicas y más eficientes; siendo una de ellas los biofertilizantes; recientemente, debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol a los suelos se han vuelto más rigurosas, se ha incrementado el interés por utilizar las lombrices de tierra como un sistema ecológicamente sano para manejar el estiércol, la vermicomposta (Soria *et al.*, 2001; Moreno *et al.*, 2009)

Márquez *et al.* (2005) menciona que en el caso de la fertilización, las técnicas más apropiadas son: abonos orgánicos, abonos verdes, fijación natural de nutrientes por medio de plantas, abonos foliares de origen natural, compuestos biodinámicos en general, incorporación de materia orgánica en general, rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos forestales; de ser posible todo el material de origen animal, como estiércol, gallinaza, orines y subproductos deben provenir de animales criados orgánicamente o bien el compostaje es obligatorio. Existen diversos trabajos sobre lombricomposta (Noriega y Cruz, 2005; González *et al.*, 2005) así como otros trabajos sobre cultivos (Gutiérrez, 2005; Ramírez, 2005)

AGRICULTURA ORGÁNICA, CERTIFICADORAS Y COMERCIO JUSTO

Los sistemas de certificación fueron motivados originalmente por los agricultores y, en cierta medida, por los comerciantes que participaban en el mercado incipiente de productos orgánicos. En un esfuerzo por proteger su mercado del fraude y por garantizar la autenticidad del sello orgánico, los agricultores comenzaron a estructurar sistemas de autorregulación para asegurar que los alimentos orgánicos del mercado correspondieran con las técnicas ecológicas de producción y de preparación del suelo que le

dan su significado al término (Gómez y Gómez, 2002; Gonzalez y Nigh, 2005). La comercialización de los productos orgánicos implica inspección y certificación de los métodos de producción empleados, los cuales son realizados principalmente por agencias extranjeras. En 1998 las zonas de producción orgánica en el País fueron certificadas por OCIA, Naturland, QAI, Oregon Tilth, entre otras (Pérez, 2004; Gómez y Gómez, 2001). La certificación de productos y procesos orgánicos se realiza mediante toda una serie de tramites de campo y administrativos en los que se verifica que efectivamente la producción, transformación y comercialización de bienes certificados han respetado un conjunto de normas, estándares y procedimiento en las que se basan las practicas de producción orgánicas (García *et al.*, 2009b)

Existe una diferencia entre producción orgánica y producción orgánica certificada; comúnmente, los productores y en ocasiones, algunos técnicos, la mencionan indistintamente; no obstante, la diferencia básica es la certificación del proceso de producción; por ejemplo, existen productores y/o técnicos que mencionan que producen orgánicamente por el hecho de haber incorporado estiércol o composta a sus cultivos, sin embargo, lo anterior obedece únicamente a una fertilización orgánica, y no, a una producción orgánica y mucho menos, certificada; lo anterior debido a que durante el sistema de producción empleado, solamente un componente de éste, la fertilización, en este caso, fue orgánica, mas no todos los otros componentes del sistema de producción, ya que generalmente se hace uso de pesticidas, productos no autorizados, etc. (Márquez *et al.*, 2009). El término orgánico se aplica a los productos que se han producido en base a unas normas orgánicas a lo largo de la fase de producción, manipulación, elaboración y comercialización y que se han certificado por un órgano o autoridad de certificación debidamente constituida. Por consiguiente, el término orgánico se refiere más a un proceso que a un producto; con ello no debe entenderse necesariamente que los alimentos producidos sean más sanos, mas inocuos o totalmente naturales; simplemente significa que el producto se ajusta a las normas de producción y manipulación establecidas (Quintero y Gioanetto, 2006)

Existe un organismo internacional que inicio la normalización en la Agricultura Orgánica en 1977, el “IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements)”, dicho organismo ha servido de base para la elaboración de Normas en muchos países. Actualmente, en varios países rigen o se aceptan las Normas de IFOAM, no obstante, en algunos países, se debe acatar la normatividad interna (Queitsch, 2004). Las siguientes Normas son algunos casos de lo anterior: EU (1991), USDA (2004) y JAS (2004). En cuanto a legislación en México, actualmente se cuenta con ley de productos orgánicos “Ley DOF 07-02-2006” y se cuenta también con la NOM 037 FITO 1995 (Márquez *et al.*, 2009)

Por otro lado, Márquez *et al.* (2009) señalan que las entidades encargadas de hacer cumplir las Normas y llevar a cabo la certificación, son las agencias certificadoras, las cuales son de inferencia Internacional o vienen algunos casos, solo Nacional; cabe señalar que existen algunas diferencias entre los lineamientos de las agencias certificadoras y es la razón para que cumplan con estándares nacionales y/o internacionales. Para que un producto se venda en el mundo como orgánico, se requiere de un sello, otorgado por una agencia certificadora y no, porque lo diga un productor o un técnico. La agencia certificadora, es un organismo que avala que el sistema de producción cumple estándares definidos internacionalmente. Existen varias agencias certificadoras Nacionales y/o Internacionales. En México se encuentran presentes, entre otras, Bioagricert, CERTIMEX, OCIA, IMO Suiza, Oregon Tilth, etc.

Márquez *et al.* (2009) mencionan que el proceso de certificación orgánico es sencillo y/o algo complejo, tanto como cualquier certificación. A continuación se presentan los pasos a seguir en un proceso de certificación de un predio o producto:

- 1.- Llamar a la agencia certificadora manifestando el interés de certificar un predio o producto.
- 2.- La agencia certificadora envía cuestionario para recabar información general sobre lo que se desee certificar.
- 3.- Contestar cuestionario y enviarlo a la agencia certificadora.
- 4.- La agencia certificadora evalúa el cuestionario y si es factible la certificación, informa del costo de la certificación.
- 5.- Depositamos un pago parcial a la agencia certificadora para iniciar el proceso.
- 6.- La agencia certificadora envía un inspector que revisa el predio, los registros de los trabajos, semilla, cosecha, transporte, planta de proceso, etc. y envía el informe a la agencia certificadora de lo que observó y lo que platicó con el productor.
- 7.- La agencia certificadora mediante un comité, recibe el informe del inspector y lo revisa, y son ellos quienes deciden si se puede certificar el predio o no.
- 8.- La agencia certificadora visita al menos una vez el predio, no obstante, algunas agencias realizan vistas sorpresa.
- 9.- Al momento de la visita, los productores deben contar con: mapa o croquis del predio, historial de manejo, registro de actividades, plan anual de actividades, lista de insumos utilizados, incluyendo las facturas, registro de producción de abonos orgánicos y la producción vendida con recibos de entrega o facturas de venta.
- 10.- Si se cumple la normativa, se autoriza la finca y se otorga el certificado orgánico

Gioanetto (2004) menciona que Bioagricoop México, es una agencia de certificación mexicana sucursal de la empresa certificadora europea Bioagricert, acreditada Unión Europea, JAS (Japón), NOP-USDA (USA), Biosuisse (Suiza), Agriculture Biologique (Francia), CAAQ (Quebec-Canadá), Comercio Justo, IFOAM; además de ser la única empresa mexicana con acreditación con EUREP-

GAP. Es la primera agencia de certificación en México, donde está controlando 153.530 hectáreas de producciones agropecuarias y acuicultura, con 9,430 productores y 61 grupos de productores en toda la República. Regionalizada, tiene 28 inspectores (80% son productores) en la mayoría de los estados de la república.

AGRICULTURA ORGÁNICA, CONSUMIDORES

México se ha ubicado en el ámbito internacional como productor exportador de productos ecológicos más que como consumidor (Gómez *et al.*, 2004). Pérez (2004) menciona que de la producción orgánica en México, el 85% se destina a la exportación y el resto se vende en el mercado domestico, muchas veces, como producto convencional, porque aun no existe una demanda nacional de dichos productos; añade que los productos orgánicos de México se exportan principalmente a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza. Los altos volúmenes de exportación se deben entre otros factores, a la creciente demanda externa, al sobreprecio pagado por estos productos en los mercados internacionales y al lento crecimiento de la demanda interna (Gómez *et al.*, 2000).

El mercado interno de los productos orgánicos se encuentra en una etapa incipiente por lo que menos del 5% de la producción se vende dentro del país. No obstante, a diferencia de hace 10 años, hay un mayor número de iniciativas de comercialización a través de varios canales, como los tianguis y mercados orgánicos con las experiencias del Tianguis del Círculo de Producción y Consumo Responsable en Guadalajara, Jal.; el Mercado Ecológico Ocelotl, en Xalapa, Ver.; la Expo Venta de Productos Orgánicos y Naturales "El Pochote", en Oaxaca, Oax; el Tianguis Orgánico Chapingo, en el Edo. de México, y el Tianguis de Tlaxcala, Tlax. Estos mercados son complementados por las tiendas especializadas y naturistas, como por ejemplo las tiendas de *Green Corner* y *Aires del Campo*, además de restaurantes, cafeterías. Algunos productos están entrando en los supermercados como es el caso de los lácteos (Gómez *et al.*, 2006)

El mercado mundial de alimentos orgánicos crece aceleradamente y México exporta la mayor parte de su producción a este mercado. Hay factores que pueden bajar la probabilidad de que México aumente su presencia en mercados internacionales y el desarrollo el mercado doméstico puede ser una alternativa para reducir la dependencia del mercado externo, aunque la demanda interna es incipiente (Padilla y Pérez, 2008). Un indicador relevante del crecimiento y viabilidad de estas estrategias es el aumento de la tierra dedicada a la agricultura orgánica en México. La agricultura orgánica ha

aumentado de 23,265 en 1996 a 308,000 ha en 2005, y continúa aumentando. Asimismo, los productores orgánicos cultivan más de treinta productos diferentes, como café, vegetales, hierbas, y plantas aromáticas y medicinales. Además, la agricultura orgánica también ha aumentado el número de fuentes de empleo y la cantidad de dinero obtenido a través de la exportación, esta última alcanzó 270,000,000 de dólares en 2005. Otro hecho importante es que 85% de los productores orgánicos mexicanos poseen menos de un promedio de 30 ha de tierra (Gómez *et al.* 2005).

Probablemente, los números reales y los productos son mayores, si tomamos en cuenta lo que Rist (2003) llama, la producción oculta de alimentos orgánicos, con este término, se refiere a la producción agrícola y ganadera en sistemas campesinos principalmente tradicionales. Ellos bien pueden ser considerados orgánicos, debido al hecho de que se basan en prácticas agroecológicas tradicionales

AGRICULTURA ORGÁNICA, CULTIVOS EN MÉXICO

Existen algunas evidencias de trabajos de agricultura orgánica en el País, las cuales se presentan a continuación: Velasco *et al.* (2001) mencionan que la micorriza arbuscular y la vermicomposta pueden ser buena herramienta en la producción orgánica de tomate de cáscara; Gómez *et al.* (2008) mencionan que entre las producciones orgánicas los cultivos hortícolas son preferidos por los productores por obtener altos rendimientos durante casi todo el año. Gómez *et al.* (2001) señalan que las hortalizas orgánicas representan un grupo importante de cultivos en el consumo de la población, dado el daño que los alimentos con residuos de agroquímicos están provocando en la salud humana, pues la mayoría se consumen en forma fresca

Por otro lado, Zermeño *et al.* (2008) mencionan que para evitar el paño del fruto en manzana, es mejor tratarlo mediante las directrices del sistema orgánico mediante hidróxido de calcio y no con giberelinas, las cuales no están dentro de los insumos orgánicos; aunado a lo anterior, el tratamiento con el hidróxido de calcio es considerablemente más económico que al utilizar las giberelinas. Ramírez *et al.* (2006) señalan que los sistemas de producción orgánicos son una alternativa viable para acceder a otros mercados diferentes a los tradicionales, no obstante, se tendrán que realizar adecuaciones técnicas, culturales y ecológicas en los sistemas de producción. Figueroa *et al.* (2005) mencionan que el cacahuate orgánico tiene mejor precio que el convencional; el cacahuate orgánico oscila de 25 a 35 mil pesos/ha contra el convencional que es de 15 mil pesos/ha. En albahaca, la incorporación de abono

verde influye para que se presenten mejores resultados en un sistema agroecológico respecto a un convencional (Ruiz *et al.*, 2009)

Por otro lado, la producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur. El tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie que el convencional, pero alcanza una cotización diez veces mayor que el convencional (Navejas, 2002). Por otro lado, la producción orgánica nacional de tomate en el 2004, se llevó a cabo en 380 ha con rendimientos promedio de 10 t ha⁻¹, con un precio 5.84 veces mayor que el convencional (SAGARPA, 2005). Por otro lado, la producción orgánica nacional de tomate cherry en el 2003, se llevó a cabo en 402 ha con rendimientos promedio de 3.05 t·ha⁻¹, con un precio 3.31 veces mayor que el convencional (SAGARPA, 2005).

Morales (2005) menciona que producen en su finca integral orgánica certificada, achioté, canela, plátano, banano, frijol, cítricos, carambola, entre otros. Cuevas y Crisostomo (2005) mencionan que al comparar la producción orgánica contra la producción convencional, la primera obtuvo los mejores rendimientos por unidad de superficie. Existen otros trabajos en el País que presentan evidencias de producción orgánicas (Ortiz, 2005; Chávez, 2005; Ramos y Ramos, 2005; Jiménez, 2005); mencionan especial merece la revista Cultura orgánica (2010) en la cual mencionan de fresas y brócoli orgánico

AGRICULTURA ORGÁNICA EN INVERNADERO

La producción de tomate orgánico certificado en invernadero es posible; permite la obtención de tomate aumentando los rendimientos considerablemente respecto a campo, además, se puede obtener producción durante todo el año además de mejorar la calidad de los productos y facilitar el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria; no obstante, para evitar el tiempo de reconversión de tres a cinco años, hay que producir en un sustrato, que cumpla con los estándares de las certificadoras, o bien, poner el invernadero en un terreno virgen o que no se haya cultivado en los últimos diez años. En el caso de los sustratos, estos pueden ser inertes y/o químicamente activos, o bien, una mezcla de ambos. En el caso de que se prefieran inertes, la cantidad de fertilizante a emplear será considerable. Lo ideal será una mezcla de un sustrato inerte con uno químicamente activo. El sustrato, además de sostén, deberá aportar cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. La composta puede ser el sustrato químicamente activo, además de

que puede ser aeróbica, anaeróbica, vermicomposta y/o como extracto de cualquiera de las anteriores. Una alternativa, es mezclar composta con medios inertes (Cano *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2009)

Moreno *et al.* (2005) determinaron que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicomposta y arena produjeron el mismo rendimiento que arena con solución nutritiva. Márquez *et al.* (2008) mencionan que al producir tomate orgánico en invernadero se supera en 9.14 veces los rendimientos obtenidos en campo. Rodríguez *et al.* (2007, 2008) mencionan a la vermicomposta como fuente importante de nutrimentos para utilizarse en el sistema orgánico. Márquez *et al.* (2006) señalan que se obtiene un mayor rendimiento respecto a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos al emplear mezclas de vermicomposta al 50% más arena y vermicomposta con perlita al 25, 37 y 50% con una media de 48.507 t·ha⁻¹

Las tendencias de la agricultura hacia sistemas protegidos, en especial a los invernaderos, es una realidad; se sugiere se diseñen de tal manera que se apeguen y cumplan fehacientemente los estándares de las producciones orgánicas, para que así, el productor, pueda producir tomate con altos rendimientos, excelente calidad además de facilitar el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria pero sobretodo garantizar que el sistema de producción y el producto, contenga el sello orgánico de alguna de las certificadoras, originando un bienestar social, económico y medioambiental (Márquez *et al.*, 2009)

LITERATURA CITADA

- Almaguer V. G., Ayala G. A. V., Teja G. R. y Ayala G. O. J. 2009. Conversión de huertos convencionales de limón persa a orgánicos en Tlapacoyan Veracruz México. Limitantes del proceso de adopción. *En*: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.
- Arroyo R. K. 2005. Cultivo de hortalizas orgánicas utilizando el método biointensivo. Experiencia en Las Cañadas, Huatusco, Veracruz. *En*: Hernández D. J., Robledo T. V. y Bacópulos T. E. (Eds). 5o. Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coah. México. UAAAN. p.57-69
- Beltrán M. F. A., Ruiz E. F. H., Fenech L. L., Zamora S. S., Loya R. J., Lozano R. J. M., Orona C.I., Salazar S. E., Duarte O. J D. 2009. Los abonos verdes y sistemas de labranza en la agricultura orgánica de baja California sur, México. *En*:

Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.

Bernal R.C.R. 1995. Control de plagas y enfermedades de hortalizas bajo el sistema orgánico. *En: Memoria de Manejo fitosanitario de hortalizas.* Culiacán, Sinaloa, México.

Cano R. P., Márquez H. C.; Figueroa V. U., Rodríguez D. N., Martínez C V., Moreno R. A. 2005. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. *In: Memoria de la XVII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. J J Martínez R, S Berúmen P, J Martínez T, A Martínez R, M Vázquez N (eds).* Gómez Palacio, Dgo. 5-9 Sep. pp:30-54.

Chávez M. M. 2005. Producción de flores biodinámicas. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.50

Codex Alimentarius. 1999. Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organic produced products. GL-32 – 1999. Rev. 2001.

Cuevas V. M y Crisostomo M. A. 2005. La agricultura biointensiva, una alternativa de producción orgánica para el traspatio familiar mexicano. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.22-23

Cultura orgánica. 2010. Fresas y brócoli orgánico. Abril-Mayo. Editorial Agrosintesis. México, D.F.

De Santiago J. 2007. Pronóstico de crecimiento. Productores de Hortalizas. MeisterMedia. WorldWide. Agosto. Ohio, USA.

Dibut A. B. y Martínez V. R. 2006. Obtención y manejo de biofertilizantes como insumos indispensables de la agricultura sostenible. *In: Memoria Agricultura Orgánica. Fundación Produce Sinaloa A. C.* pp. 7-15. Sinaloa, México.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. Ley de Productos Orgánicos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Centro de Documentación, Información y Análisis.

Espinoza V. J. L., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillén T. A., De Luna P de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. INCI 32 (6): 385-390

EU. 1991. Boletín Oficial de la Comunidad Económica Europea. Reglamento CEE No. 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 24 de junio.

FAO. 1991. Manejo del suelo producción y uso de composta en ambientes tropicales. Boletín de Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 pp.

- Félix H. J. A., Sañudo T. R. R., Rojo M. G. E., Martínez R. R. y Olalde P. V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4 (1): 57-67
- Figueroa B. P., Garritsen W. P., R. Villalvazo L. V.M., Cruz S. G. 2005. Articulando la sostenibilidad ecológica, económica y social: el caso del cacahuete orgánico. *Econ. Soc. y Territorio* 19: 477-497.
- Fortis H. M., Leos R. J. A., Orona C.I., García H. J. L., Salazar S. E., Preciado R. P., Orozco V. J. A. y Segura C. M. A. 2009. Uso de estiércol de bovino en la comarca lagunera *En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.*
- García H. J. L., Valdez C. R.D., Servín V. R., Murillo A. B., Rueda P. E.O., Salazar S. E., Vázquez V. C. y Troyo D. E. 2009a. Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10 (1): 15-28
- García H. J. L., Valdez C. R.D., Salazar S. E., Fortis H. M., Preciado R. P., Márquez H. C., Rueda P. E. y Troyo D. E. 2009b. Regulación y certificación orgánica en México. *En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.*
- Gerritsen W. P. R. y Morales H. J. 2009. Experiencias de agricultura sustentable y comercio justo en el estado de Jalisco, occidente de México. *Revista Pueblos y Fronteras Digital* 4 (7): 187-226
- Gerritsen W. P.R. y González F. R. 2008. Comparación de cuatro sistemas productivos en el ejido de La Ciénega, costa sur de Jalisco. *Invest. Geog.* 65: 66-81
- Gioanetto F. 2004. Evolución de la producción y certificación de la ganadería y frutales oránticos en México. *En: Gioanetto F y Quintero R. (Eds). Curso-Taller: Alternativas rentables para el desarrollo de empresas orgánicas competitivas. Guadalajara, Jal. México. ICAPA*
- Gómez, A. 2000. Agricultura Orgánica en el Codex Alimentarius. Seminario Protección del Consumidor desde las ONG's y el Codex Alimentarius. CEADU. Montevideo. <http://internet.com.uy/rusinek/tf/04agroecologia/agr01.htm>
- Gómez A. R., Lázaro J. G. y León N. J. A. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y Ciencia* 24 (1): 11-20
- Gómez C. M. A., Schwentesius R. R., Gómez T. L., Arce C. I., Moran V. Y. D. y Quiterio M. M. 2001. Agricultura Orgánica de México. Datos básicos. SAGARPA-UACH-CIESTAM. Texcoco, Edo de México. 46pp
- Gómez C. M. A., Gómez T. L. y Schwentesius R. S. 2004. Agricultura orgánica. Mercado internacional y propuesta para su desarrollo en México, reporte de investigación No. 62. 2ª Impresión. CIESTAAM, Chapingo, Edo. de México, 58 p.

- Gómez C. M. Á., Schwentesius R. R., Meraz A. M. R., Lobato G. A.J. y Gómez T. L. 2005, Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica en México 2005: Situación, Retos y Tendencias. Universidad Autónoma Chapingo/ CIESTAAM-CONACYT-SAGARPA. Chapingo, México. 62p.
- Gómez C. M. Á., Schwentesius R. R., Gómez T. L. y Lobato G. A. J. 2005. Agricultura orgánica en México ¿un panorama verde? III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.8
- Gómez C. M. A., Schwentesius R. R. y Gómez Tovar, L. 2006. *Agricultura Orgánica en México*. En: Agricultura Orgánica de México. Ed. CIESTAAM-UACH, CONACYT, SAGARPA, RAPAM, Falls Brook Centre, Soyitz. México. 194 pp. ISBN: 968-02-0273-9.
- Gómez T. L., Gómez C. M. A. y Schwentesius R. R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. p 121-158. En: C de Grammont H., Gómez C. M. A., González H. y Schwentesius R. R (Eds) Agricultura de exportación en tiempo de globalización. El caso de las hortalizas, frutas y flores. CIESTAAM/UACH.
- Gómez T., L., Gómez C. M. A. y Schwentesius R. R. 2000. Desafío de la Agricultura Orgánica. Comercialización y Certificación. 2a. ed. UACH–Mundi Prensa. México. 224 p.
- Gómez T.L. y Gómez C.M.A. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica: certificación y comercialización. Ed Mundi-Prensa. México. p.52
- Gómez T. L. y Gómez C. M. A. 2002. "La importancia de la agricultura orgánica en México y su sector hortofrutícola", en M. A. Gómez Cruz y R.
- González A.A. y Nigh R. 2005. ¿Quién dice que es orgánico? La certificación y la participación de los pequeños propietarios en el mercado global. Gaceta Ecológica 77: 19-33
- González L. J., Salazar Ch. T. E., Martínez C. R L. 2005. Lombricompostaje en residuos de café y su aplicación práctica en la sierra nororiente de Puebla. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.27-28
- Gutiérrez M. A. 2005. Producción orgánica de policultivos Maíz-Frijol-Calabaza en el predio Santa Elena, villa flores Chiapas, México. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.29-30
- JAS. 2004. Normas agrícolas japonesas. Consulta en 20 de noviembre de 2004, <http://www.maff.go.jp/soshiki/sgokuhin/hinshitu/organic/eng_yuki_top.htm>
- Jiménez C M. 2005. Huerta de cítricos-vainilla en la comunidad de calle grande. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.50

- Leos R. J. A. 2002. La inocuidad alimentaria, la producción y el comercio de frutas y hortalizas frescas. En: Salazar S. E. Fortis H. M., Vázquez A. A. y Vázquez V. C. (Eds). *Agricultura orgánica*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED. p.61-75
- Loya R. J. G., Ruiz E. F. H., Beltrán M. F. A., Fenech L. L. y Zamora S. S. 2009. Manejo integrado de nemátodos parásitos en agricultura orgánica. *En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica*. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.
- Márquez H., C.; Cano R., P. 2004. Producción Orgánica de Tomate Bajo Invernadero. pp. 1-11. En: C. A. LEAL CH. Y J. A GARZA G. (eds). *Memorias del Segundo Simposio Internacional de Producción de Cultivos en invernaderos*. Facultad de Agronomía-UANL, Monterrey N. L. México.
- Márquez H., C.; Cano R., P. y Martínez C.V.M. 2005. Fertilización orgánica para la producción de tomate en invernadero. pp. 1-11. En: C. A. LEAL CH. Y J. A GARZA G. (eds). *Memorias del Tercer Simposio Internacional de Producción de Cultivos en invernaderos*. Facultad de Agronomía-UANL, Monterrey N. L. México.
- Márquez H. C. y Cano R. P. 2005. Eliminación del periodo de transición en la producción orgánica de tomate bajo invernadero. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.63-64
- Márquez H. C., Cano R. P. Chew M. Y. I. Moreno R. A. y Rodríguez D. N. 2006. Sustratos en la producción de tomate orgánico bajo invernadero. *Revista horticultura Chapingo Serie Horticultura* 12 (2): 183-189
- Márquez H. C., Cano R. P. y Rodríguez D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Revista Agricultura Técnica de México* 34 (1): 69-74.
- Márquez H. C., Cano R. P., Rodríguez D. N., Moreno R. A., De La Cruz L. E., García H. J. L., Preciado R. P., Castañeda G. G. y García Peña C. de la. 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. En: Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. *Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate*. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah.. Mex.
- Morales M. M. 2005. Rescatando flora y fauna tabasqueña. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.21
- Moreno R A, Zarate T, Valdés P M T. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34.
- Moreno R. A., Cano R. P. y Rodríguez D. N. 2009. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. En: Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. *Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate*. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah.. Mex.

- Nahed T. J., Calderón P. J., Aguilar J. R., Sánchez M. B., Ruiz R. J. L., Mena Y., Castel J. M., Ruiz F. A., Jiménez F. G., López M. J., Sánchez M. G. y Salvatierra I. B. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13 (1): 45-58
- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México
- Nieto G. A., Murillo A. B., Troyo D. E. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*capsicum annuum* l.) en zonas áridas. *INCI* 27 (8): 417-421
- NOM. 1995. Norma Oficial Mexicana *NOM – 037 - FITO-1995*. DOF. Diario oficial de la federación. por lo que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D. F., 23 de abril de 1997.
- Noriega A. G. y Cruz H. S. 2005. Modulo de lombricultura: conocimiento, cultivo de lombrices de tierra y producción de abonos orgánicos. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.26
- Ortiz M. J. A. 2005. Producción de tomate cherry orgánico en Mulege, B.C.S. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.50
- Padilla B. L. E. y Pérez V. O. 2008. El consumidor potencial de durazno (*Prunus persica*) orgánico en Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí. *Agrociencia* 42(3): 379-389
- Padilla, E., M. Esqueda, A. Sánchez, R. Troncoso-Rojas, y A. Sánchez. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 29(4): 321-329.
- Pérez C.J. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano* 20 (127): 95-100.
- Pérez C.J. 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. *El Cotidiano* 21 (139): 101-106.
- Pérez V. A. y Landeros S. C. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura* 16 (73): 19-25
- Queitsch K.J. 2004. Preguntas y respuestas sobre la agricultura ecológica. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Agroecología. Serie Testimonios Num 2. Chapingo, México. México. 20p.
- Quintero R. y Gioanetto F. 2006. Agricultura orgánica en México. En: Gioanetto F. y Quintero R. (eds.). *Agricultura orgánica*. Fundación Produce Morelos. Cuernavaca, Mor. 550p.
- Quiroz F. A y Miranda A. G. 1994. La agricultura orgánica: ¿una respuesta a la sustentabilidad en nuestro país? *Ciencias* 33: 28-29

- Ramírez L. M. R., Jacobo C. J. L., Ávila M. M. R. y Parra Q. R. A. 2006. Pérdidas de cosecha, eficiencia de producción y rentabilidad de huertos de manzano con diversos grados de tecnificación en Chihuahua, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3): 215-222
- Ramírez A. J. M. 2005. Producción de hortalizas con sustratos orgánicos a través del sistema organopónico. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.29-30
- Ramos P. Z. y Ramos P. G. 2005. Experiencia en técnicas de producción orgánica en: café, pimienta, vainilla, y hortalizas en la comunidad de Nanacatlan, Zapotitlan, Puebala. III Encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p.53
- Rist S. 2003, «Organic Agriculture as Social Movement. Re-thinking sustainable agriculture in developing countries». En *Food Matter: Food Security and Soils*, Lahmar, R., M. Held y L. Montanarella, pp. 108-114. Torba Soil & Society, Montpellier.
- Rodríguez D. N., Cano R. P., Favela CH. E., Figueroa V. U., Paul de, A.V., Palomo G. A., Márquez H. C., Moreno R. A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista horticultura Chapingo Serie Horticultura* 13 (2): 185-192.
- Rodríguez D. N., Cano R. P., Figueroa V. U., Palomo G. A., Favela CH. E., Paul de, A. V., Márquez H. C., Moreno R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 265 – 272.
- Ruiz E. F. H., Beltrán M. F. A., Vázquez V.C., García H. J. L., Salazar S. E., Orona C.I., Murillo A. B. y Zúñiga T. R. 2009. Producción orgánica de albahaca en las condiciones de Baja California sur, México. *En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ. UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. 504p.*
- Ruiz F. J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. En: Zapata Altamirano, Calderón Arózqueta (Eds.) *Memorias Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica*. 149 pp.
- Soria F. M.J., Ferrera C. R., Etchevers B. j., Alcántar G. G., Trinidad S. J., Borges G. L. y Pereyda P. G. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra* 19(4): 353-362.
- Santamaría R. S., Ferrera C. R., Almaraz S J. J., Galvis S. A. y Barois B. I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 35:377-384.
- Schwentesius R. R., Gómez C. M. A. y Blas B. H. 2007. México orgánico. Universidad Autónoma Chapingo / CUESTAAM. Texcoco, Edo de México. 122 p.

- Trápaga Y, Torres F (1994) *El mercado internacional de la agricultura orgánica*. UNAM, IIES, Fac. Economía, DGPADA, JP. 221 pp.
- Trueba CS (1996) Fertilizantes Orgánicos y Compostas. En *Memorias Agricultura Orgánica: Una Opción Sustentable para el Agro Mexicano*. UACH. Texcoco, México. 163 pp.
- Turrent F. A. y Cortés F. J. I. 2005. Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana* 23 (2): 265-272
- Zermeño G. A. Gil M. J. A., Ramírez R. H., Hernández H. A., Rodríguez G. R., Benavides M. A., Jasso C. D. y Munguía L. J. 2008. Encalado del fruto en la producción orgánica de manzana: impacto sobre el paño del fruto. *Tropical and Subtropical Agroecosystem* 8 (2): 171-179

Capítulo II

RELACIONES ANISOSIMBIÓTICAS Y LA TRANSFORMACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO DEL SUELO

Relation ship between anisosymbiotic and the transformation of soil organic material

David Espinosa-Victoria^{1*} y Hortensia Brito-Vega²

¹Colegio de Postgraduados y

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, *despinos@colpos.mx

RESUMEN

La anisosimbiosis es la relación mutualista que se establece entre organismos de diferente morfología y tamaño. Las lombrices de tierra y las bacterias que habitan el suelo establecen una relación mutualista de tipo anisosimbiótica cuando estas últimas colonizan el tracto digestivo de la lombriz. Sorprendentemente, esta anisosimbiosis ha sido más intuitiva que estudiada. Es bien conocido el papel que las lombrices de tierra llevan a cabo en diferentes ecosistemas, sin embargo, poco se sabe de los microorganismos que habitan o transitan por su tracto digestivo, que son los directos responsables de las transformaciones de la materia orgánica del suelo. El objetivo este capítulo es contribuir al conocimiento acerca de los grupos microbianos presentes a lo largo del intestino de las lombrices de tierra. Conocer quiénes habitan el tracto digestivo, para después saber qué hacen, ayudará en el futuro inmediato a hacer un uso más eficiente de esta singular anisosimbiosis.

Palabras clave: Anisosimbiosis, transformaciones, material orgánico del suelo

SUMMARY

The anisymbiosis is the mutualistic relationship established among organisms of different morphology and size. The earthworms and the inhabitant soil bacteria establish an anisymbiotic mutualistic relationship when bacteria colonize the earthworm gut. Surprisingly, this anisymbiosis has been more supposed than studied. It is well known the role of the earthworms in the different ecosystems, however scarce information is available about the microorganisms that live or transit through the earthworm digestive tract, which are directly involved in the soil organic matter transformations. The subject of the present chapter is to contribute to the knowledge about the microbial populations present along the earthworm gut. To know who live in, and then, what they do will help in the near future to make a more efficient use of this particular anisymbiosis.

Index words: *anisymbiosis, transformations, soil organic material*

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de la tierra y las inadecuadas prácticas de manejo conllevan al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las técnicas convencionales de laboreo aumentan la velocidad de degradación de los residuos vegetales e incrementan el proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo.

A pesar de que el componente biológico del suelo es fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas, los organismos del suelo han sido poco considerados en el desarrollo de la ecología teórica contemporánea (Brown *et al.*, 2000). Los componentes biológicos del suelo se clasifican por su tamaño en meso, macro y micro-organismos. Entre los macro-invertebrados del suelo, organismos cuyo ancho es > 2 mm, se encuentra la lombriz de tierra que interviene en distintos procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Lavelle y Spain, 2001).

Así, entre la lombriz de tierra geófaga y la microflora se establece una interacción mutualista de tipo anisimbiótica (ver más adelante) para descomponer el material orgánico ingerido por el invertebrado (Lavelle *et al.*, 1995; Daqui *et al.*, 2007). No se ha determinado en la mayoría de lombrices de tierra la presencia de enzimas para digerir directamente la celulosa, la lignina, los taninos y los complejos húmicos. En cambio, estas enzimas son sintetizadas por los microorganismos del suelo, principalmente

las bacterias (Lattaud *et al.*, 1998; Horn *et al.*, 2003). Una vez que estos microorganismos son ingeridos por los invertebrados del suelo, dentro del tracto digestivo degradan los compuestos complejos gracias a estas enzimas (Lattaud *et al.*, 1998).

Así, el objetivo del presente capítulo fue contribuir al conocimiento de la diversidad de microorganismos del suelo, que establecen interacciones anisimbióticas en el tracto digestivo de la lombriz de tierra y que son responsables directos de la explotación de los recursos orgánicos y minerales del suelo.

Clasificación de las lombrices de tierra

Las lombrices de tierra pertenecen al reino Animalia, phylum Annelida, clase Clitellata, orden Haplotaenida, suborden Lumbricina, y están agrupadas en 16 familias: Acanthodrilidae, Ailoscolidae, Alluroideidae, Almididae, Criodrilidae, Eudrilidae, Exidae, Glossoscolecidae, Hormogastridae, Lumbricidae, Lutodrilidae, Megascolecidae, Microchaetidae, Ocnerodrilidae, Octochaetidae y Sparganophilidae (Reynolds, 1998; Pop, 1998; Frago, 2001).

Aunque se han descrito más de 8,000 especies de lombrices de tierra, de la mayoría sólo se conoce el nombre y su morfología debido a que la información sobre su biología y ecología es escasa (Domínguez *et al.*, 2009). Las distintas especies de lombrices tienen estrategias de supervivencia diferentes y ocupan nichos ecológicos distintos. Desde el punto de vista ecológico, las lombrices de tierra han sido clasificadas en tres categorías: epigeas, anécicas y endogeas (Bouché, 1977). Las *epigeas*, viven y comen en la superficie orgánica del suelo, la mayoría se alimenta de residuos vegetales y animales en descomposición, normalmente son pequeñas y pigmentadas y bien adaptadas a los cambios ambientales que ocurren en la superficie del suelo, particularmente son excelentes descomponedoras del mantillo dada su alta tasa de consumo, digestión y asimilación del material orgánico. 2) Las especies *endógeas* se alimentan de suelo y del material orgánico asociado con este debido a que habitan a mayor profundidad en el perfil del suelo; se subdividen en poli, meso y oligohúmicas; no son tan pigmentadas y particularmente construyen galerías horizontales; a diferencia de las epigeas, se reproducen más lentamente, no obstante presentan ciclos de vida más largos; suelen resistir periodos largos de inanición. 3) Las lombrices *anécicas* normalmente permanecen en galerías verticales las cuales en ocasiones pueden extenderse a varios metros de profundidad; son de color pardo oscuro; presentan tasas de reproducción bajas y durante la noche emergen a la superficie para alimentarse de residuos vegetales, heces y materia orgánica en descomposición (Lavelle y Spain, 2001; Monroy *et al.*,

2007; Curry y Schmidt, 2007; Domínguez *et al.*, 2009). Esta clasificación ha sido usada en diversos estudios con la finalidad de establecer la categoría ecológica de estos invertebrados bajo diferentes sistemas agrícolas en México (Cuadro 1).

En México se han descrito 93 especies de lombrices de tierra, de las cuales 46 son nativas y 47 exóticas. No obstante, si se agregan 36 en proceso de descripción, el total ascendería a 129. La mayor parte de especies pertenecen a la familia Megascolecidae, tribus Acanthodrilini (43 spp) y Dichogastrini (40) (Fragoso, 2001).

Morfología de las lombrices de tierra

Las lombrices de tierra son organismos vermiformes, cuyo cuerpo es casi de forma cilíndrica (Figura 1). Como en el resto de anélidos, el cuerpo está dividido en segmentos, y posee tres regiones: *Prostomio* o región cefálica, que a diferencia de los poliquetos, carece de apéndices, el primer segmento situado delante de la boca se denomina prostomio, la boca se sitúa en el segundo segmento, y se denomina peristomium; *tronco* o región mediana, constituido por metámeros homónomos, que en número que oscila entre 7 y 600 (Edwards y Lofty, 1977), salvo raras excepciones, presentan cuatro pares de quetas por metámero, siempre menos numerosas que en los poliquetos (las quetas anclan al animal en el desplazamiento y en la excavación de túneles) y *pigidio* que es la zona donde se abre el ano, al último segmento se le denomina pigidio (Edwards y Lofty, 1977). Ciertas especies poseen quetas sexuales, que son más largas y sirven como órganos en la inseminación.

Cuadro 1. Categoría ecológica de algunas especies de lombrices de tierra bajo diferentes sistemas agrícolas en México.

Especie	Categoría	Hábitat	Referencia
<i>Diplocardia</i> sp. <i>Apocarrectodea caliginosa</i>	Endógea polihúmicas	Sistema de cultivo de cereales (Aguascalientes)	Brito-Vega <i>et al.</i> (2006)
<i>Phoenicodrilus taste</i>	Endógea polihúmica	Sistema de cultivo de cereales (Guanajuato)	Brito-Vega <i>et al.</i> (2006)
<i>Mayadrilus calakmulensis</i>	Endógea	Especies hortícolas (Tabasco)	Huerta <i>et al.</i> (2006)
<i>Dichogaster saliens</i>	Epígea	Cultivo de Mango (Tabasco)	
<i>Balanteodrilus pearsei</i>	Endógea	Cultivo de maíz y caña de azúcar (Tabasco)	Huerta <i>et al.</i> (2006)
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endógea poli-mesohúmica	Sistema de pastos y cereales (Veracruz)	García y Fragoso (2003)
<i>Diplocardia</i> sp3	Endógea	Cultivo de caña de azúcar (Tamaulipas)	Fragoso (2001)
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endógea	Cultivos de maíz, caña de azúcar, coco y pastos (Veracruz)	
<i>Lodrilus bonampakensis</i>	Endógea	Cultivo de banana (Tabasco)	Fragoso (2001)
<i>Amyntas gracilis</i>	Epigea	Cultivo de banana (Tamaulipas)	Barois <i>et al.</i> (1993)

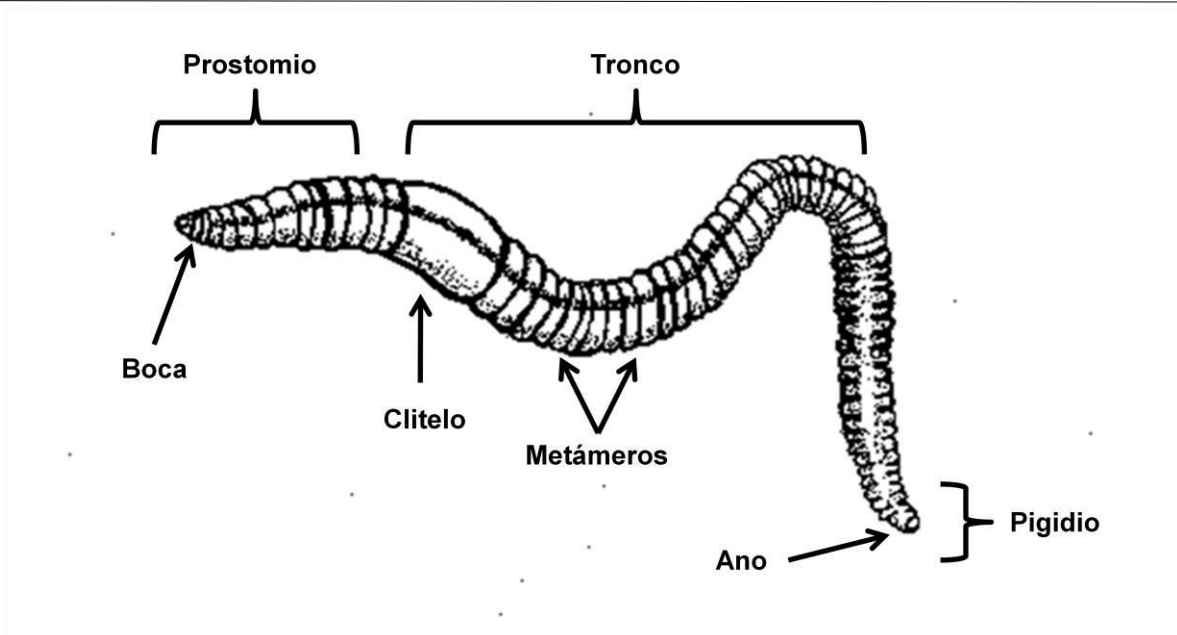


Figura 1. Morfología externa del soma vermiforme de la lombriz de tierra en el que se muestran tres zonas principales: Prostomio, tronco y pigidio.

Una estructura muy evidente en los oligoquetos es el *clitelo*. Se trata de una zona glandular con segmentos en forma de silla de montar (Edwards y Lofty, 1977). El clitelo aparece en el momento de la madurez sexual y es el responsable de la formación del capullo donde se desarrollarán los huevos, y de la formación del cilindro mucoso que sirve para la cópula (Righi, 1992). El clitelo y sus anexos son estructuras empleadas en la sistemática del grupo.

La cavidad principal de estos invertebrados se denomina *celoma*, la cual está llena de fluido y en ésta se encuentran suspendidos el intestino y otros órganos. Los oligoquetos tienen típicamente un celoma espacioso que es usado como hidroesqueleto. El celoma está dividido en segmentos mediante tabiques transversales, y se comunica al exterior por medio de poros dorsales y poros excretores de los nefridios situados en la región lateroventral. Las lombrices de tierra expulsan a través de dichos poros sustancias con actividad antibiótica lo cual constituye un mecanismo de defensa (Horn *et al.*, 2003). Cada tabique separa un segmento del cuerpo, que incluye una porción de los sistemas nervioso y circulatorio, permitiendo que funcione de manera relativamente independiente; cada uno de estos segmentos se denomina metámero. Cada metámero está marcado externamente por uno o más anillos. Cada metámero tiene una capa externa (una delgada cutícula y epidermis con abundantes células

productoras de moco) y, por debajo, una capa de músculo circular sobre una de músculos longitudinales, que son las responsables de los movimientos peristálticos con que se desplaza el animal (Edwards y Lofty, 1977).

El aparato digestivo se inicia en la boca (Figura 3) a la cual sigue la faringe, abundante en fibras musculares, capaz de producir una gran succión, que es la forma de alimentación típica de las lombrices de tierra (Edwards y Lofty, 1977). A continuación se encuentra el estómago (formado por buche y molleja), el intestino el recto y el ano. El intestino posee un surco mediano dorsal denominado tiflosolio que incrementa la superficie de absorción (Edwards y Lofty, 1977). En la superficie externa del intestino, y rodeando el vaso sanguíneo dorsal, se encuentra el llamado tejido cloragógeno, propio de los oligoquetos. Éste se encuentra constituido por células peritoneales modificadas (células cloragógenas), y cumple una función análoga a la que realiza el hígado en otros grupos animales, a saber, sintetiza y almacena glucógeno y grasas. Los metanefridios eliminan los desechos del metámero. Es importante enfatizar que los oligoquetos terrestres excretan urea (Horn *et al.*, 2003).

La lombriz de tierra y su contribución a los servicios del ecosistema

Darwin utilizó de forma directa las lombrices de tierra para incrementar la fertilidad de los terrenos agrícolas, e indirectamente por medio de fertilizantes bio-orgánicos, que se producían gracias a la transformación de diferentes productos orgánicos en las fincas agrícolas biológicas (Lavelle, 1988).

Las lombrices de tierra son consideradas los ingenieros de los ecosistemas debido a que crean, modifican y mantienen los hábitats (o micro-hábitats), que directa o indirectamente regulan la disponibilidad de recursos para otras especies (Jones *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1997).

Las lombrices de tierra, junto con los demás invertebrados del suelo, participan en diferentes procesos (Cuadro 2) con los que contribuyen a la entrega de servicios por parte del ecosistema (Lavelle *et al.*, 2006).

Muchas lombrices de tierra suelen encontrarse en suelos profundos, húmedos y permeables, constituyéndose así en reductoras de la materia orgánica de su edafón. Dada su actividad cinemática, es decir su capacidad de movimiento, se favorece la mezcla de las fracciones orgánica y mineral del suelo, y por ende la fertilidad del mismo, haciendo que la materia orgánica esté disponible para otros organismos. Igualmente, intervienen en la aireación e infiltración del agua en el suelo por medio de la construcción de galerías. Por otro lado, mejoran la estructura de suelo al contribuir con agregados,

gracias a la formación de estructuras biogénicas denominadas turrículos, término técnico otorgado a las excretas de la lombriz de tierra (Lavelle, 1988; Barois, 1992; Brown *et al.*, 2000; Lavelle *et al.*, 2006).

Los efectos causados por las lombrices pueden catalogarse en dos diferentes escalas: temporal y espacial. En un intervalo corto de tiempo (horas), la digestión de la lombriz rompe los residuos orgánicos y libera algunos nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) que pueden ser asimilados por las plantas (Barois *et al.*, 1993; Lavelle *et al.*, 1992, Lavelle 1997). Por otro lado, las actividades de la lombriz de tierra se llevan a cabo en una escala de centímetros a decímetros, y junto con las raíces determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de agregados y poros de diferentes tamaños, lo que percute en la estructura y en la fertilidad del mismo (Lavelle *et al.*, 2006).

En síntesis, la liberación de nutrientes, la estructura del suelo y la dinámica de la MO son en conjunto la contribución de las lombrices de tierra a los bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas, lo cual conlleva generalmente a una estimulación del crecimiento vegetal (Whalen y Parmelee, 1999; Hallaire *et al.*, 2000).

La anisimbiosis entre la lombriz de tierra y la microflora del suelo

La mayoría de oligoquetos se alimentan de materia orgánica en descomposición, vegetación y animales muertos (Viljoen *et al.*, 1992). Las lombrices pueden procesar grandes cantidades de materia orgánica, por ejemplo, el rango de consumo de *Aporrectodea tuberculata* va de 5 a 13 mg material orgánico g⁻¹ lombriz día⁻¹; mientras que para *Lumbricus terrestris* va de 1.4 a 2.7 mg g⁻¹ día⁻¹. Adicionalmente, la eficiencia del nitrógeno (¹⁵N) asimilado va de 10 a 26 % en *A. tuberculata* y de 25-30% en *L. terrestris*. Por otro lado, se estima que el consumo por lombriz de tierra puede ser 11.8 a 17.1 Mg materia orgánica ha⁻¹ año⁻¹, esto podría equivaler de 19-24% de los residuos de materia orgánica de las cosechas (Whalen y Parmelee, 1999).

Cuadro 2. Contribución de los invertebrados del suelo en los bienes y servicios de los ecosistemas (Lavelle *et al.*, 2006).

Función de los servicios	Bienes/Servicios	Procesos en los ecosistemas	Contribución de los invertebrados del suelo	Indicador de la contribución de la fauna
Producción	Suministro del agua	Infiltración y sistema de almacenamiento de agua en los poros del suelo	Mantenimiento de los poros por medios de túneles y madrigueras	Proporción y arreglo de las estructuras biogénicas en el suelo, la capacidad de agua y la descomposición de la materia orgánica
Soporte	Ciclo de nutrientes	Descomposición. Humificación. Regulación de los nutrientes. (Denitrificación).	Selección/ activación de la actividad microbiana	Descomposición de la hojarasca, perfil de la materia orgánica, contenido y fracciones en el suelo.
	Formación del suelo	Pedogénesis	Bioturbación. Deposición superficial. Selección de partículas.	Análisis de la estructura biogénica del DNA
	Producción primaria	Estimulación de la actividad simbiótica en el suelo. Producción indirecta en el suelo de las moléculas reconocidas por las plantas como hormonas, protección contra parásitos y enfermedades	Enlace selectivo de los dominios funcionales. Control de parásitos a través interacciones biológicas; capacidad realzada de la respuesta de la planta.	Morfología del suelo y del humus. Comunidades de la fauna del suelo. Índices de vigor en plantas.
Regulación	Control de la erosión e inundación	Regulación de la salida del agua	Creación de la aspereza superficial por las estructuras biogénicas	Producción de estructuras biogénicas
		Infiltración y almacenaje de agua	Construcción y mantenimiento de la estabilidad de la porosidad y bioturbación de los turrículos. Secuestro de la materia orgánica.	Morfología del suelo y humus
	Regulación climática	Producción/consumo de los gases invernaderos. Almacenamiento de la materia orgánica	Secuestro de la materia orgánica inestable. Macroagregados biogénicos. Formación de enlaces resistencia de compuestos húmicos	Estabilidad de macroagregados biogénicos

Es bien sabido, aunque poco documentado, que lombrices de tierra transforman la materia orgánica gracias a la actividad de la microflora mutualista que ingresa a su tracto digestivo a través de la ingestión de material orgánico en diferente grado de descomposición y suelo.

Para explicar esta singular simbiosis, Lavelle *et al.* (1995) emplearon “*la paradoja de la bella durmiente*”. Primeramente, es importante resaltar que la mayoría de invertebrados no poseen las enzimas para digerir directamente compuestos como la celulosa, lignina, taninos y complejos húmicos del suelo. Aunque en algunos casos se ha reportado la presencia de celulosa como parte del contenido del tracto digestivo, es muy probable que esta enzima sea producida por los microorganismos ingeridos por la lombriz de tierra (Urbasek, 1990; Urbazek y Chalupsky, 1991). Por otro lado, parece que los microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) tiene la maquinaria bioquímica necesaria para digerir prácticamente cualquier substrato (Azcón, 2000; Lattaud *et al.*, 1998; Horn *et al.*, 2003). Así, necesariamente el invertebrado requiere del ingreso de la microbiota a su tracto digestivo para llevar a cabo las actividades con las que contribuye a los servicios que ofrecen los ecosistemas. Sin embargo, estudios comparativos sobre el tiempo de inversión (turnover) de la masa microbiana tanto en campo como en laboratorio (Chaussod *et al.*, 1988), sugieren que los microorganismos se encuentran activos solo durante cortos periodos de tiempo y en sitios específicos del suelo. En otras palabras, las comunidades microbianas, compuestas de una riqueza enorme de especies, muchas de ellas formando parte de grupos funcionales altamente especializados, probablemente se encuentren la mayor parte del tiempo bajo dormancia. Así, las lombrices de tierra, dada su capacidad para mezclar suelo, transportarlo y proveer de substratos enriquecidos (por ejemplo con los exudados de las raíces o con su propio moco intestinal) modifican el entorno de los microorganismos e interrumpen su dormancia. Luego entonces, las lombrices de tierra se constituyen como uno de los principales reguladores de la actividad microbiana.

De esta forma, entre la lombriz de tierra y microorganismos del suelo, se establece una relación mutualista de tipo anisimbiótico (Lavelle *et al.*, 1995; Daqui *et al.*, 2007). El término anisimbiótico se refiere básicamente a la diferencia en tamaño que existe entre los simbioses interactuantes. No obstante, también es una relación mutualista digestiva (Janzen, 1985) debido a que los macroorganismos, como los macro-invertebrados e incluso las raíces, se asocian con los microorganismos para explotar las fuentes orgánicas tanto de la hojarasca como del suelo. Es importante notar que, esta simbiosis también es transitoria y exhabitacional dada a su temporalidad y a que suele llevarse a cabo

funcionalmente fuera del macrosimbionte. Por estas diferentes características, Howe (1984) la ha calificado como una relación mutualista “difusa”.

La materia orgánica (MO) del suelo está constituida de componentes de muy diversa índole y estado de descomposición, puede variar en función de la calidad de material, en la mineralización (azúcares, aminoácidos, hemicelulosa, celulosa, y lignina) y la humificación. En el proceso de la descomposición de la MO se ve favorecida por la participación de los organismos del suelo (micro y macroorganismos) que ingieren y transforma una mezcla de sustratos orgánicos e inorgánicos del suelo. Al término de este proceso, el producto final puede ser asimilado por las raíces u otros organismos. Los organismos participan a diferentes niveles del sistema trófico, algunos se alimentan de microbios (microbívoros), de materia orgánica en descomposición (detritívoros), o la mezcla de microbívoros-detritívoros (Domínguez *et al.*, 2009). Se desconoce aún en qué nivel trófico debe ubicarse a las lombrices de tierra, ya que pueden utilizar diferentes estrategias de alimentación, desde mecanismos selectivos y no selectivos, además de que tienen la capacidad de obtener energía tanto de fuentes de carbono vivas como muertas (Domínguez *et al.*, 2003; Aira *et al.*, 2008; Sampedro y Domínguez, 2008).

En términos generales, la descomposición de la materia orgánica se realiza en dos fases diferentes: 1) fase activa, donde las lombrices procesan la materia orgánica (Lores *et al.*, 2006); y 2) la fase de maduración, donde los microorganismos asumen el control en la descomposición del material orgánico previamente procesado por las lombrices (Domínguez, 2004). En la fase activa, las lombrices de tierra participan en la descomposición, transformación y mineralización de la materia orgánica a través de procesos que se dan en su sistema digestivo. Estos procesos incluyen la modificación de la actividad y la diversidad microbiana, la modificación de las poblaciones de la microfauna, la homogeneización del sustrato y los procesos intrínsecos de digestión y asimilación. Se incluye también la producción de moco y sustancias excretoras como la urea y el amonio, que constituyen una fuente de nutrientes fácilmente asimilables por los microorganismos. Por otro lado, en la fase de maduración, la descomposición se ve favorecida por la acción de los microorganismos endosimbiontes que viven en el intestino de las lombrices. Como se mencionó anteriormente, estos microorganismos producen enzimas extracelulares que degradan celulosa y distintos compuestos fenólicos, aumentando la descomposición del material ingerido (Domínguez, 2009).

Finalmente, la mineralización de los compuestos se realiza por la actividad metabólica de bacterias y hongos. Pero esta actividad metabólica está influenciada por la fauna del suelo que convive con los microorganismos, y también por distintas interacciones que determinan la transferencia de nutrientes a

través del sistema. En este sentido, las deyecciones de las lombrices de tierra juegan un papel importante en la descomposición porque contienen nutrientes y microorganismos que son diferentes a los contenidos en el material orgánico antes de la ingestión (Domínguez *et al.*, 2009).

Se puede entonces resumir que, la microbiota del suelo, los invertebrados y las raíces han desarrollado interacciones para explotar los recursos orgánicos y minerales del suelo (Lavelle *et al.*, 1995).

¿Quiénes son y en qué región del tracto digestivo se encuentran?

Ha sido suficientemente documentado que las lombrices de tierra tienen efecto directo sobre la estructura y función de las comunidades microbianas del suelo. Domínguez *et al.* (2009), empleando el contenido total de ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFAs) como medida de la biomasa microbiana viable de la materia orgánica en descomposición, encontraron que la presencia y actividad de las lombrices redujo en cuatro o cinco veces la biomasa microbiana así como la proporción PLFAs fúngicos/PLFAs bacterianos, lo que indicó que la disminución de PLFAs fúngicos fue proporcionalmente mayor al de las bacteria (Figura 2).

La ingesta de material orgánico y suelo garantiza la presencia de diferentes especies microbianas en el tracto digestivo de la lombriz de tierra (Cuadro 3). Una de las primeras publicaciones sobre la presencia de microorganismos en el intestino de estos invertebrados fue la de Parle (1963), quien reportó poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos en *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora caliginosa* y *A. longa*.

Es probable que exista cierta preferencia o selectividad por parte del invertebrado para adquirir y mantener determinadas poblaciones microbianas en su tracto digestivo. Por ejemplo, Křišťůfek *et al.* (1992) y Křišťůfek *et al.* (1993) observaron un incremento en el número de bacterias, actinomicetos y hongos en el intestino de *Lumbricus rubellus*, en contraste con la microbiota detectada en *Aporrectodea caliginosa* y *A. caliginosa*.

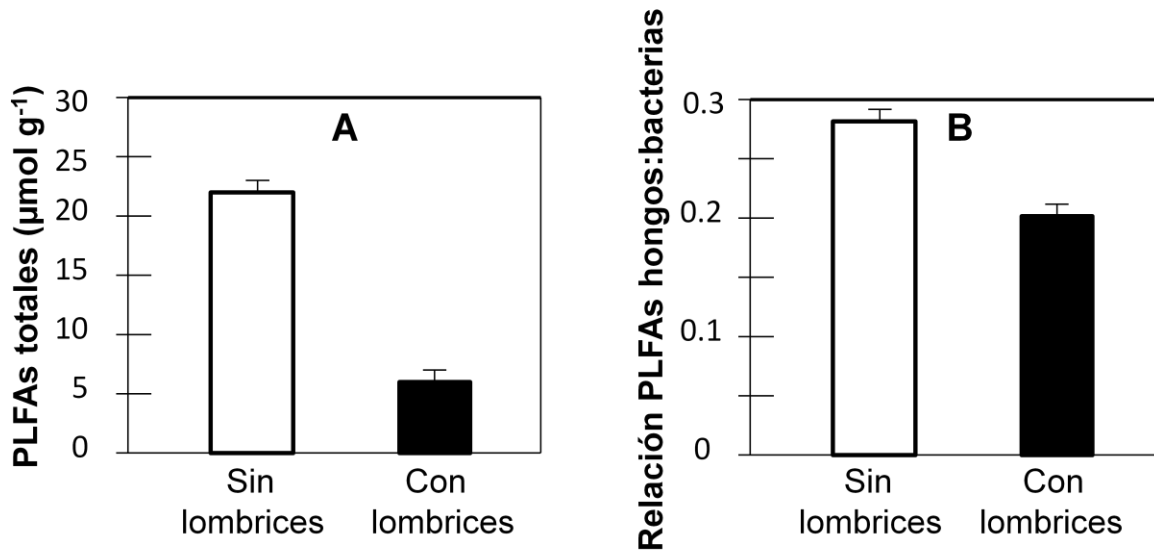


Figura 2. Impacto de las lombriz de tierra *Eisenia andrei* en las comunidades microbianas después de un mes de actividad en estiércol de vaca: A, PLFAs totales; B, relación PLFAs fúngicos: PLFAs bacterianos. Los valores representan las medias \pm ES (Domínguez *et al.*, 2009).

El ingreso de microorganismos al tracto digestivo de la lombriz de tierra, no garantiza la permanencia de éstos en el interior del invertebrado. Así, en un estudio realizado por Křišťůfek *et al.* (1994), determinaron poblaciones de bacterias, actinomicetes, hongos, micelio estéril, y células vegetales en el suelo; no obstante, dentro del intestino de *Lumbricus rubellus* aislada de la misma zona de estudio, la mayoría de microorganismos observados se encontraban lisados, a excepción de algunos actinomicetes, endosporas y bacterias encapsuladas.

Cuadro 3. Presencia de microorganismos en el tracto digestivo de diferentes especies de lombrices de tierra.

Especie de lombriz de tierra	Número de especies			Hábitat	Referencias
	Actinomicetes	Hongos	Bacterias		
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	-	-	13	Suelo ganadero	Bito-Vega <i>et al.</i> (2010 In press)
<i>Eisenia fetida</i>	-	-	91	Desecho industrial	Hyun-Jung <i>et al.</i> (2004)
<i>Lumbricus rubellus</i>	-	-	95	Suelo agrícola	Furlong <i>et al.</i> (2002)
<i>Lumbricus rubellus</i>	76			Suelo forestal	Křišťůfek <i>et al.</i> (1993)
<i>Octalasion montanum</i>	175	-	-		
<i>Eisenia lucens</i>	145	-	-	Suelo forestal	Szabó <i>et al.</i> (1976)
<i>Ortochaetona surensis</i> <i>Lampito maurittii</i> <i>Drawida willsi</i>	-	22	-	Suelo tropical	Dash <i>et.al.</i> (1986)

La presencia de individuos del grupo de los actinomicetos ha sido suficientemente documentada. Contreras (1980) reportó que el 70 % de la flora intestinal de *Eisenia lucens* estuvo representada por una sola especie de actinomiceto, *Streptomyces lipmanii*, un organismo raramente encontrado en la naturaleza. Por su parte, Křišťůfek *et al.* (1993) identificaron dos especies de actinomicetes característicos del suelo, *Streptomyces diastatochromogenes* y *Streptomyces noglalter*, dentro del tracto digestivo de *Lumbricus rubellus* y *Octolasion montanum*. Resulta interesante saber que actinomicetes como *Streptomyces caeruleus*, se desarrollan mejor en el intestino de *Eisenia fetida* que en el mismo suelo, probablemente porque el nicho que ofrece el invertebrado le provea de suficiente nutrientes para llevar a cabo una eficiente descomposición de sustancias de origen vegetal (Polyanskaya *et al.*, 1996).

En relación a las poblaciones de hongos, Dash *et al.* (1986) encontraron en el tracto digestivo de tres especies de lombrices de tierra ((*Ortochaetona surensis*, *Lampito maurittii* and *Drawida willsi*) de un suelo tropical en la India, 18 especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Thielavia*, *Botryotrichum*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Curvularia*, *Chaetomium*, and *Trichoderma*. Adicionalmente, solo

en el invertebrado *L. mauritii* identificaron cuatro especímenes pertenecientes a los géneros *Neocosmospora*, *Cladosporium*, *Syncephalastrum* y *Actinomucor*.

Las comunidades bacterianas en el interior de la lombriz de tierra han recibido especial atención. Para su estudio, el tracto digestivo se ha dividido en cuatro regiones (Figura 3): A (del segmento 1 al 35), B (del segmento 36 al 69), C (del segmento 70 al 101) y D (del segmento 102 al 135).

El empleo de tanto de técnicas bioquímicas como moleculares ha permitido la identificación de géneros, y en algunos casos, de especies bacterianas residentes en el intestino de la lombriz de tierra (Cuadro 4).

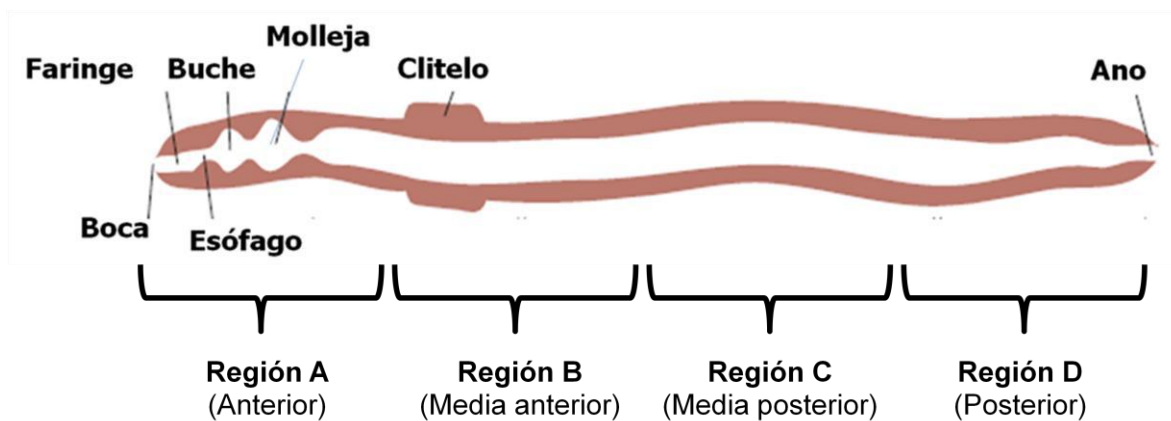


Figura 3. División del tracto digestivo de la lombriz de tierra en cuatro regiones para el estudio de las poblaciones bacterianas (Brito-Vega, 2010; modificada de Horn *et al.*, 2003).

Mendez *et al.* (2003) han indicado que las bacterias pueden llevar a cabo algún tipo de mutualismo durante su paso a través del intestino de la lombriz de tierra. Este punto no ha sido estudiado en sentido estricto; no obstante, proponen la existencia de una simbiosis mutualista entre *O. boricana* and *B. cereus*.

Algunos estudios han demostrado la existencia de contacto físico entre los filamentos bacterianos y el moco intestinal de *Octolasion lacteum* y *Lumbricus terrestres* (Jolly *et al.*, 1993). Los resultados indican que los filamentos bacterianos se unen a las paredes intestinales de la lombriz por medio de estructuras parecidas a ganchos. De esta forma, se puede intuir la posible adaptación de la bacteria al intestino del invertebrado.

Es interesante mencionar que el establecimiento de una simbiosis mutualista, análogamente a lo que ocurre en la simbiosis *Rhizobium*-Leguminosa, pueda ser evidenciada a través de la síntesis de un nuevo órgano. Por ejemplo, en la asociación entre *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea tuberculata*, *Octolasion lacteum* y *Eisenia foetida* con la bacteria del género *Acidovorax*, se ha observado que ésta última induce la formación de nódulos en las ámpulas de los nefridios del invertebrado, que contribuyen en el proceso de descomposición de proteínas (Davidson y Stahl, 2006).

Márialigeti (1979) y Szabó *et al.* (1976) reportaron que la flora microbiana en el segmento posterior del intestino de *Eisenia lucens* estuvo compuesta de 473 organismos de los cuales el 73% correspondió al género *Vibrio*.

Es claro que el hábitat en el que se desarrollan las lombrices de tierra, puede determinar el perfil de las poblaciones bacterianas presentes en su intestino. Así, en el caso de la especie *Eisenia fetida*, proveniente de suelos contaminados de una zona industrial, se detectó un incremento de 91 colonias en relación al control, que fueron divididas en 12 grupos: *Aeromonas*, 6 %; *Agromyces*, 3 %; *Bacillus*, 31 %; *Bosea*, 1 %; *Gordonia*, 6 %; *Klebsiella*, 6 %; *Microbacterium*, 7%; *Nocardia*, 2%; *Pseudomonas*, 10 %; *Rhodococcus*, 19 %; *Tsukamurella* y *Streptomyces*, 7% (Hyun-Jung *et al.*, 2004). Como se puede observar, las especies del género *Bacillus* fue el grupo mayormente representado en el intestino de este invertebrado.

Por otro lado, Valle-Molinares *et al.* (2007) identificaron siete especies de bacterias típicas del suelo del género *Bacillus* (*B. insolitus*, *B. megaterium*, *B. brevis*, *B. pasteurii*, *B. sphaericus*, *B. thuringiensis* y *B. pabuli*) en el intestino de *Onychochaeta borincana*. Observaron que la masa microbiana decreció de la zona anterior a la posterior, no obstante algunas especies bacterianas estuvieron mayormente representadas en la región posterior del intestino, debido probablemente a una mejor adaptación a las condiciones de esta zona.

Cuadro 4. Diversidad bacteriana en el tracto digestivo de algunas especies de lombrices de tierra.

Lombríz de tierra	Habitat	Actividad	Bacteria	Referencia
<i>Onychochaeta boricana</i>	Suelo pobre en materia orgánica	BPCV [‡]	<i>Bacillus sp</i>	Valle-Molinares <i>et al.</i> (2007)
<i>Onychochaeta boricana</i>	Suelo forestal	BPCVs	<i>Bacillus sp</i>	Méndez <i>et al.</i> (2003)
<i>Eisenia fetida</i>	Suelo de zona industrial	BPCVs	<i>Klebsiella sp</i>	Hyun-Jung <i>et al.</i> (2004)
<i>Lumbricuss rubellus</i>	Agroecosistema	BPCV	<i>Azotobacter sp</i> <i>Enterobacter sp</i> <i>Pseudomonas sp</i> <i>Klebsiella sp</i>	Singleton <i>et al.</i> (2003)
<i>Onychochaeta boricana</i>	Suelo pobre en materia orgánica	Biocida	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valle-Molinares <i>et al.</i> (2007)
<i>Eisenia fetida</i>	Suelo de zona industrial	Bacterias de vida libre y simbióticas	<i>Flavobacterium sp</i> <i>Nocardia sp</i> <i>Gordonia sp</i> <i>Vibrio comma</i> <i>Clostridium welchii</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Serratia arcscens</i> <i>Mycobacterium sp</i>	Hyun-Jung <i>et al.</i> (2004)

[‡] BPCV= Bacteria promotora del crecimiento vegetal

Finalmente, Brito-Vega *et al.*, (2010) amplificaron y secuenciaron parcialmente la región correspondiente al gen 16S rDNA de diferentes aislamientos bacterianos del tracto digestivo de *Pontoscolex corethrurus* colectada en dos regiones contrastante en el estado de Veracruz: Plan de las Hayas (zona ganadera) y la Mancha (reserva ecológica con cultivo de plátano). Se identificaron en total 8 géneros bacterianos en ambas zonas de muestreo: *Bacillus*, *Bacterium*, *Terribacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Massilia*, *Aeromonas* y *Citrococcus*. El número de especies bacterianas detectadas en Plan de las Hayas y la Mancha fueron 11 (*Pseudomonas aeruginosa*, *Massilia timonae*, *Bacterium sp*, *Acinetobacter sp.*, *Aeromonas sp.*, *Citrococcus sp.*, *Bacillus sp.*, *Bacillus subtilis subsp. Subtilis*, *Bacillus mycoides*, *Pseudomonas sp.*, y *Bacillus cereus*) y 6 (*Bacillus sp.*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus horikoshii*, *Aeromonas punctata*, *Bacterium*, y *Terribacillus sp.*), respectivamente. Estos

resultados corroboran el hecho de que el hábitat del invertebrado influye directamente en la composición bacteriana de su tracto digestivo.

CONCLUSIONES

Es evidente la diversidad de poblaciones microbianas en el tracto digestivo de la lombriz de tierra. Se puede inferir que el hábitat en el que se desarrolla el invertebrado influye directamente en el tipo de microorganismos que habitan o transitan su intestino. Sin embargo, no existe suficiente información para asegurar que exista selectividad, de parte del invertebrado, por determinados grupos microbianos.

Por otro lado, son escasos los reportes acerca de la interacción física entre la lombriz y el microsimbionte. No obstante, las evidencias sobre la forma en que las bacterias se unen a la pared del intestino e incluso la formación, en algunos casos, de nódulos en los nefridios del invertebrado podrían indicar que esta anisimbiosis mutualista es más íntima que transitoria.

Igualmente, son escasos los estudios sobre el papel de la microbiota, particularmente la bacteriana, en el intestino del oligoqueto. Se ha enfatizado la actividad enzimática de las bacterias para digerir directamente compuestos como la celulosa, lignina, taninos y complejos húmicos del suelo. Pero hasta ahora, no hay información precisa sobre la interacción entre las diferentes poblaciones microbianas en el tracto digestivo, como podrían ser antibiosis, parasitismo, sinergismo, etc.

Finalmente, en relación a la metodología empleada para identificar a los microsimbiontes presentes en el tracto digestivo, ésta se ha centrado básicamente en los microorganismos susceptibles de ser cultivables. Queda así una gran ventana de exploración, que comprende a los microorganismos no cultivables, los cuales podrían ser estudiados mediante técnicas moleculares.

LITERATURA CITADA

- Aira M., L., Sampedro, F., Monroy & J. Domínguez. 2008. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biol. Biochem.* 40:2511-2516.
- Azcon R. 2000. Papel de la simbiosis micorrizica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. (Eds) Alarcón, A y Ferrera-Cerrato. *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*. Colegio de Postgraduados. 1-15.

- Barois I. 1992. Mucus production and microbial activity in the gut of to species of *Amyntas* (Megascolecidae) from cold and warm tropical climate. *Soil. Biol. Biochem.* 24:1507-1510.
- Barois I. G. Villemin, P. Lavelle, F. Toutain. 1993. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrus* (Oligochaeta) intestinal tract. *Geoderma* 56:57-66.
- Bouché M.B. 1977. Strategies lombriciennes. En: Lohm, U. y Persson, T. (eds.). *Soil Organisms as Components of Ecosystems*, pp. 122-132, Biology Bulletin, Stockholm. Sweden.
- Brito-Vega H. 2010. Diversidad genética de bacterias del tracto digestivo de la lombriz de tierra. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
- Brito-Vega H., D. Espinosa-Victoria, B. Figueroa-Sandoval, C. Fragoso, J. C. Patrón-Ibarra. 2006. Diversidad de lombrices de tierra con labranza de conservación y convencional. *Terra Latinoamericana.* (1) 24: 99-108.
- Brito-Vega H. D. Espinosa-Victoria, I. Barois, A. Gómez-Vázquez & P. Lavelle. 2010. Genetic identification of bacteria isolated from the digestive tract of the earthworm *Pontoscolex corethrus*. 9th International Symposium on Earthworm Ecology. September, 2010. Xalapa, Veracruz, México.
- Brown G. G., I. Barois & P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177-198. doi:10.1016/S1164-5563(00)01062-1.
- Contreras E., 1980. Studies on the intestinal actinomycete flora of *Eisenia lucens* (Annelida: Oligochaeta). *Pedobiologia* 20: 411-416.
- Chaussod R., S. Houot, G. Guiraud & J.M. Hétier. 1988. Size and turnover of the microbial biomass in agricultural soils: laboratory en field experiments. *In: Nitrogen efficiency in agricultural soil.* Eds. K.A. Smith & D.S. Jenkinson. Pp 321-326. Applied Sciences. Elsevier, London.
- Curry J. P. y O. Schmidt. 2007. The feeding ecology of earthworms- A review. *Pedobiologia* 50:463-477.
- Daqui N.C., Leblanc H.A y Russo R.A. 2007. Distribución espacial de carbono, nitratos y amonio en estructuras biogénicas en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical* 3 (1): 12-25.
- Dash H., B. N. Beura & M. C. Dash. 1986. Gut load transit time, gut microflora and turnover of soil, plant and fungal material by some tropical earthworms. *Pedobiologia* 29:13-20.
- Davidson S. K., D. A. Stahl. 2006. Transmission of nephridial bacteria of the earthworm *Eisenia fetida*. *Appl. Environ. Microbiol.* (1) 72:769-775.
- Domínguez J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. *In: Edwards, C.A. (ed.), Earthworm Ecology*, 2nd ed., pp. 401-424, CRC Press, Boca Raton, FL USA.

- Domínguez J., M. Aira y M. Gómez-Brandón. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31.
- Domínguez J., R. W., Parmelee, C. A. Edwards. 2003. Interactions between *Eisenia andrei* and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiologia* 47:53-60.
- Edwards A. C. y J. R. Lofty. 1977. Biology of earthworms. (Ed): Chapman and Hall. Boca Raton, London. Pp. 1-261.
- Fragoso C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida: Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. *Acta Zoológica Mexicana. Número especial*. 1:131-171.
- Furlong M., D. Singleton, D. Coleman, W. Whitman, 2002. Molecular and culture-based analyses of prokaryotic communities from an agricultural soil and the burrows and cast of the earthworm *Lumbricus rubellus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68 (3):1265-1279.
- García J. A., C. Fragoso. 2003. Influencia of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrurus* and *Amyntas corticis*). *Pedobiologia* 47:754-763.
- Hallaire V., P. Curmi, A. Duboisset, P. Lavelle, B. Pashanasi. 2000. Soil structure changes induced by the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* and organic inputs in a Peruvian ultisol. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 35-44.
- Horn M.A., A. Schramm, H.L. Drake. 2003. The earthworm gut: an ideal habitat for Ingested N₂O-producing microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 69 (3): 1662-1669.
- Howe H.F. 1984. Constraints of the evolution of mutualism. *Am. Nat.* 123: 764-772.
- Huerta E., J. Rodríguez-Olán, I. Evia-Castillo, E. Montejo-Meneses, M. de la Cruz-Mondragón, R. Gracia-Hernández. 2006. La diversidad de lombrices de tierra (ANNELIDA, OLIGOCHAETA) en el estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 21 (42):73-83.
- Hyun-Jung K., S. Kwang-Hee, Ch Chang-Jun, H. Hor-Gil. 2004. Analysis of aerobic and culturable bacterial community structures in the earthworm (*Eisenia fetida*) intestine. *Agric. Chem. Biotechnol.* 47 (3):137-142.
- Janzen D.H. 1985. Natural history of mutualism. In: Biology of mutualism. Ecology and evolution. Ed. D.H. Boucher. 40-99. Croom, Helm, London, Sydney.
- Jolly J.M., H.M. Lappin-Scott, J.M. Anderson & C.D. Clegg, 1993. Scanning electron microscopy of two earthworms: *Lumbricus terrestris* and *Octolasion cyaneum*. *Microb. Ecol.* 26:235-245.
- Jones C. G, J. H. Lawton, M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386.
- Jones C. G, J. H. Lawton, M. Shachak. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78: 1946-1957.

- Křišťufek V., K. Ravasz & V. Pizl. 1992. Changes in densities of bacteria and microfungi during gut transit in *Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa* (Oligochaeta: Lumbricidae). *Soil Biol. Biochem.*, 24(12): 1499-1500.
- Křišťufek V., K. Ravasz & V. Pizl. 1993. Actinomycete communities in earthworm guts and surrounding soil. *Pedobiologia*, 37: 379-384.
- Křišťufek V., K. Ravasz & V. Pizl, 1994. Ultrastructural analysis of earthworm *Lumbricus rubellus* Hoff. (Annelida, Lumbricidae). *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 41(3): 283-290.
- Lattaud, C., S. Locati, P. Mora, C. Rouland, P. Lavelle. 1998. The diversity of digestive systems in tropical geophagous earthworms. *Applied Soil Ecology* 9:189-195.
- Lavelle, P. 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biol. Fertility Soils* 6:237-251.
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 27:93-132.
- Lavelle, P., C. Lattaud, D. Trigo & I. Barois. 1995. Mutualism and biodiversity in soils. *Plant Soil* 170: 23-33.
- Lavelle, P., I. Barois, I. Cruz, C. Fragoso, A. Hernández, A. Pineda & P. Rangel. 1992. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. *Biol Fertil Soils* 14:49-53.
- Lavelle P., T. Decaëns, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora., J.-P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42 (1): S3-S15. doi:10.1016/j.ejsobi.2006.10.002.
- Lavelle, P., Spain, A.V. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, London. UK.
- Lores, M., M. Gómez-Brandón, D. Pérez-Díaz & J. Domínguez. 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biol. Biochem.* 38:2993-2996.
- Márialigeti, K., 1979. On the community-structure of the gut-microbiota of *Eisenia lucens* (Annelida, Oligochaeta). *Pedobiologia* 19: 213-220.
- Mendez R., S. Borges & C. Betancourt. 2003. A microscopical view of the intestine of *Onychochaeta borincana* (Oligochaeta:Glossoscolecidae). *Pedobiologia* 47: 900-903.
- Monroy, F., Aira, M., Domínguez, J. 2007. Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Comptes Rendus Biologies* 330:389-391.
- Parle, J. N. 1963. Micro-organisms in the intestine of earthworms. *J. Gen. Microbiol.* 31:1-11.

- Polyanskaya L.M., N.I. Babkina, G.M. Zenova & D.G. Zvyagintsev. 1996. Fate of actinomycetes in the intestinal tract of soil invertebrates fed on streptomycete spores. *Microbiology* 65(4): 493-498.
- Pop V. V. 1998. Earthworm biology and ecology-A case study. The genus *Octodrilus omodeo*, 1956 (Oligochaeta, Lumbricidae), from the Carpathians. Pp. 65-122. *In*: Edwards A. C. (ed). Biology of earthworms. Chapman and Hall. Boca Raton. London.
- Reynolds, W. J. 1998. The status of earthworms biogeography, diversity, and taxonomy in north America revisited with Glimpses into the future. Pp. 15-64. *In*: Edwards, A. C. (ed). Biology of Earthworms. Ed. Chapman and Hall. Boca Raton, London
- Righi G. 1992. Four new peruvian earthworms. *Soil Biol. Biochem.* 24 (12):1223-1230.
- Sampedro, L. & J. Domínguez. 2008. Stable isotope natural abundances ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of the earthworm *Eisenia fetida* and other soil fauna living in two different vermicomposting environments. *Appl. Soil Ecol.* 38:91-99.
- Szabó, I.M., M. Marton, I. Butti, C. Fernández, 1976. A diagnostic key for the identification of “species” of *Streptomyces* and *Streptoverticillium* included in the International *Streptomyces* Project. *Acta Bot. Hung.*, 21: 387-418.
- Urbasek, F. 1990. Cellulase activity in the gut of some earthworms. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 27: 21-28.
- Urbasek, F. & Chalupsky, J. Jr. 1991. Activity of digestive enzymes in 4 species of Enchytraeidae (Oligochaeta). *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 28: 145-154.
- Valle-Molinares R., S. Borges & C. Ríos-Velázquez. 2007. Characterization of posible symbionts in *Onychochaeta borincana* (Annelida: Glossoscolecidae). *Eur. J. Soil Biol.* 43: 14-18.
- Viljoen, S. A., A. J. Reinecke & L.Hartman. 1992. The influence of temperatura on the life-cicle of *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta). *Soil Biol. Biochem.* 24 (12):1341-1344.
- Whalen, J. K. and R. W. Parmelee. 1999. Quantification of nitrogen assimilation efficiencies and their use to estimate organic matter consumption by the earthworms *Aporrectodea tuberculata* (Eisen) and *Lumbricus terrestris* L. *Appl. Soil Ecol.* 13 (3):199-208.

Capítulo III

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE SEROTIPOS DE *Salmonella* ASOCIADOS A SISTEMAS PRODUCTIVOS DE MELÓN Y CHILE BELL

Molecular Characterization of *Salmonella* Serotypes Related to Cantaloupe and Chile Bell Production Systems

Miguel Ángel Gallegos-Robles¹, Alberto Morales-Loredo², Genoveva Álvarez-Ojeda³,
Juan de Dios Quevedo-Guillen¹, Cirilo Vázquez-Vázquez¹

¹. Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED. E-mail: garoma64@hotmail.com. ². Consorcio Técnico del Noreste de México, A. C. / Universidad Autónoma de Nuevo León. ³. INIFAP. Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas.

RESUMEN

Salmonella es un género con una amplia diversidad genética que se manifiesta a través de los más de 2700 serotipos identificados. Uno de los principales genes involucrados de esta variabilidad genética es el gen *fliC* que codifica para la proteína flagelina. El objetivo de este estudio fue identificar serotipos de *Salmonella* asociados a los sistemas productivos de melón y chile Bell aplicando la técnica de PCR-RFLP en la secuencia del gen *fliC*. El estudio incluyó 81 aislados obtenidos de otras fuentes. Los resultados señalan la presencia de *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis* en los sistemas productivos de melón y chile Bell sin manejo de un esquema de BPA. Mediante PCR-RFLP del gen *fliC* se logró diferenciar por comparación de perfiles de restricción varios serotipos de *Salmonella* spp., entre ellos algunos de importancia como *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Typhi* y *S. Paratyphi* A. PCR-RFLP es una técnica rápida, simple, reproducible y puede potencialmente ser aplicada en la identificación de aislados de *Salmonella* obtenidos de otros sistemas agrícolas y pecuarios.

Palabras clave: Diagnóstico, diversidad genética, PCR-RFLP.

SUMMARY

Salmonella is a genus with a wide genetic diversity that is manifested by the more of 2700 serotypes that include the genus. A major gene involved in this genetic variability is the *fliC* gene that encodes the protein flagellin. The aim of this study was to identify *Salmonella* serotypes associated with the cantaloupe and chile Bell production systems using the PCR-RFLP technique and the *fliC* gene as marker. The study included isolates obtained from others sources for a total of 81. The results indicate the presence of *S. Typhimurium* and *S. Enteritidis* in the cantaloupe and chile Bell production systems managed under the scheme of no GAP. By PCR-RFLP of the *fliC* gene differentiation was achieved by comparison of restriction profiles of several serotypes of *Salmonella* spp., including some important like *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Typhi* and *S. Paratyphi A*. PCR-RFLP is a rapid, simple, reproducible and can potentially be applied in the identification of *Salmonella* isolates obtained from other agricultural and livestock systems.

Key words: *Diagnostic, genetic diversity, PCR-RFLP.*

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones mundiales relacionadas con los alimentos como es el caso de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés), estiman que aun cuando la inocuidad de los alimentos siempre había sido un tema importante, actualmente ocupa un lugar preponderante en el programa político de muchos países, esto debido al mayor conocimiento de los consumidores sobre el tema, así como a los riesgos y desafíos emergentes en el ámbito de la inocuidad de los alimentos, uno de los cuales son los peligros microbiológicos que presentan los alimentos (FAO, 2000). Un factor importante para que un alimento no sea apto para el consumo humano, es la presencia de peligros biológicos, causantes de enfermedades al consumidor y representados principalmente por bacterias de la familia Enterobacteriaceae (*Salmonella* spp, *Escherichia coli* y *shigella*), además de otras como *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Vibro cholerae*, *Brucella* spp., *Staphylococcus*, *Bacillus*, etc., (Beuchat, 1998). Existen estudios que indican una gran diversidad genética y ecológica, así como una alta recombinación e intercambio genético en los microorganismos. Estos fenómenos permiten generar gran cantidad de genotipos a

pesar de no suceder en cada generación. No sólo se mueven genes, sino que recombinan plásmidos y fragmentos de genes. Algunas de estas combinaciones resultan exitosas e invaden nuevos nichos ambientales o nuevos hospederos y así continuamente están surgiendo nuevas variantes como las de *E. coli* que pueden llegar a ser muy competitivas, como el serotipo O157:H7. Lo anterior genera una estructura poblacional con ecotipos y al mismo tiempo cepas que pueden vivir en gran cantidad de ambientes que antes se creían secundarios o atípicos para la especie (Souza *et al.*, 2001). Tanto en México como en E.U.A., los científicos realizan esfuerzos para identificar patógenos, así como para solucionar los problemas de seguridad alimenticia en dos amplias categorías: seguridad alimenticia en pre-cosecha y seguridad alimenticia en post-cosecha, pero no obstante estos esfuerzos, poco se conoce de la fuente primaria de los organismos patógenos en el medio ambiente de la granja (establo o campo agrícola). Por lo tanto, estos esfuerzos deben llevar a seguir el rastro de la fuente de los patógenos en forma más precisa, así como a su detección con técnicas moleculares más sensibles y específicas. Un resultado de los anteriores esfuerzos debe ser el identificar las relaciones entre los organismos que se presentan en el medio ambiente de la granja y aquellos que se presentan en el medio ambiente del procesamiento de los productos alimenticios para identificar la fuente de contaminación.

Importancia

La detección rápida de patógenos en alimentos es un aspecto crítico, principalmente en aquellos que entran en transformación, maduración y descomposición muy pronto, como los productos cárnicos y hortofrutícolas. La búsqueda de métodos rápidos y seguros para la detección de grupos específicos de organismos en alimentos se ha vuelto una necesidad urgente en la adopción de programas para el aseguramiento de la calidad y la inocuidad de los alimentos. Estos métodos rápidos son herramientas necesarias para identificar y monitorear puntos críticos susceptibles de contaminación microbiológica en los sistemas productivos agrícolas. El detectar la presencia de organismos patógenos de forma rápida a lo largo de la cadena de producción, ayudaría a que se llevaran a cabo acciones encaminadas a la solución de los problemas de contaminación, y al productor a tener mayor facilidad de acceso a la distribución de sus productos a nivel nacional e internacional, pero, ¿es el mismo patógeno, especie, serotipo, el que está presente en todas las etapas del sistema productivo?, En caso afirmativo, cuál es la fuente de contaminación común, y en caso negativo, cuál es la fuente específica de contaminación. De las anteriores preguntas surge la importancia de caracterizar y/o tipificar genotípicamente a los patógenos en los diferentes ambientes (etapas) del sistema productivo para tratar de asociarlos a una fuente común o diferente de contaminación, y así poder estar en posibilidad de tomar medidas

preventivas y/o correctivas. Por otro lado, la mayoría de los estudios en México sobre patógenos en alimentos solamente tienden a corroborar la presencia o ausencia de los mismos y sólo en algunos se ha determinado el serotipo mediante la serología tradicional, la cual tiene sus inconvenientes. En nuestro país el diagnóstico microbiológico es la técnica oficial (Secretaría de Salud, 1994), sin embargo puede tomar hasta 7 días y constituye una desventaja en productos que deben ser comercializados en el menor tiempo posible. Siendo México el principal socio comercial de Estados Unidos y con la apertura del TLCAN en materia agrícola, las exigencias en materia de inocuidad son totales, dentro de lo cual, el diagnóstico oportuno y la tipificación molecular permitirán crear una base de datos de los serotipos y cepas presentes en un ambiente determinado que sirva como referencia en la búsqueda del origen de brotes epidemiológicos, como el de *S. Saintpaul* (CDC, 2008) asociado a chiles jalapeños de origen mexicano. Lo anterior plantea la necesidad de adoptar otras tecnologías para el diagnóstico y tipificación de patógenos, que sean rápidas y sensibles, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), PCR-múltiplex, PCR-RFLP y la electroforesis de campo pulsado (PFGE). Las primeras dos utilizadas en la identificación de patógenos en forma aislada o en grupos con base en la presencia o ausencia de genes que codifican para factores de virulencia. Las dos últimas son técnicas empleadas en la caracterización molecular. PCR-RFLP tiene el potencial de identificar bacterias a nivel de serotipo y PFGE tiene un poder de discriminación mayor a nivel de cepa dentro de un mismo serotipo. Estas dos últimas técnicas son de particular importancia cuando se trata de asociar brotes epidemiológicos a posibles fuentes de contaminación. Por lo anterior, el presente trabajo se propuso establecer metodologías moleculares apropiadas para la caracterización de *Salmonella* asociada con productos hortofrutícolas e identificar las variantes genotípicas que permita establecer medidas más adecuadas de control al identificar las fuentes de contaminación. Objetivo del trabajo fue caracterizar genotípicamente aislados de *Salmonella* spp., mediante las técnicas moleculares de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción de productos de PCR (PCR-RFLP).

ANTECEDENTES

Las bacterias patógenas transmitidas al hombre por alimentos son un aspecto importante en la seguridad alimentaria a nivel mundial y la identificación rápida y adecuada de éstas en los alimentos es importante tanto para asegurar la calidad alimenticia como para la rastreabilidad de brotes en el proceso de distribución de alimentos. Entre las más comunes se pueden encontrar a *Staphylococcus aureus*,

Escherichia coli O157:H7, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni* y *Listeria monocytogenes* (Odumeru *et al.*, 1999; FDA, 2001a).

***Salmonella* spp**

Salmonella es una bacteria móvil en forma de bacilo y excepciones no móviles son *S. Gallinarum* y *S. Pullorum*, no forman esporas y son Gram negativas. Se encuentran ampliamente distribuidas en animales, especialmente en aves de corral y cerdos. También se le encuentra en el agua, suelo, insectos, superficies donde se procesan alimentos, excremento animal, carnes crudas de res, aves y alimentos del mar, por nombrar algunos pocos. *S. Typhi* y la bacteria paratifoidea normalmente causan septicemias y producen fiebre tifoidea en los humanos. Los síntomas agudos incluyen náusea, vómito, calambres abdominales, diarrea mínima, fiebre y dolor de cabeza. Consecuencias crónicas como síntomas artríticos pueden aparecer después de 3 o 4 semanas que ocurrieron los síntomas agudos. La dosis infecciosa se ha estimado de 15 a 20 células, dependiendo de la edad y salud del hospedero, y diferencias genéticas entre los miembros del género. La duración de los síntomas agudos es 1 a 2 días o pueden prolongarse, dependiendo de las condiciones del hospedero, dosis ingerida, y características genéticas. La causa de la enfermedad se debe a la penetración y paso del organismo *Salmonella* del intestino hacia el interior del epitelio del intestino delgado donde ocurre la inflamación; la identificación serológica del microorganismo es el método de diagnóstico de la enfermedad en humanos. *Salmonella* se ha asociado a alimentos como carnes crudas, de aves de corral, huevos, leche y productos del diario, pescado, camarón ancas de rana, levaduras, coco, salsas y aderezos, postres con crema, gelatinas secas, cacahuates mantequilla, cocoa, y chocolate. Se estima que de 2 a 4 millones de casos de salmonelosis ocurren anualmente en E.U.A. La incidencia de salmonelosis parece ser que se esta incrementando tanto en E.U.A como en otros países industrializados. Todos los grupos son susceptibles, pero los síntomas son más severos en los ancianos e infantes. Pacientes con SIDA sufren salmonelosis más frecuentemente (aproximadamente 20 veces más que la población en general). Para el análisis de alimentos se han desarrollado métodos para la detección de la contaminación por *Salmonella*, entre los cuales los métodos de cultivo tradicionales requieren de 5 días para obtener resultados presuntivos, mientras que otros métodos rápidos que requieren solo 2 días (FDA, 2003a).

Especies y serotipos de *Salmonella*

Una gran polémica se ha vertido sobre el número de especies existentes en el género *Salmonella* lo cual ha creado una gran confusión entre los microbiólogos sobre la nomenclatura de *Salmonella* (Ezaki *et*

al., 2000). De acuerdo al Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de Atlanta, GA, E.U.A y al sistema de nomenclatura usado por recomendación del centro colaborador de la Organización Mundial de Salud con el Instituto Pasteur, Paris, Francia, existen solamente dos especies de *Salmonella* (*Salmonella enterica* y *S. bongori*) y 2541 serotipos (serovariedades) en base al esquema de serotipificación propuesto por Kauffman-White (CDC, 2004a; Brenner *et al.*, 2000), mientras que el FDA (2001b) menciona la existencia de mas de 2700 serotipos. El Laboratorio Nacional de Salud Pública de la Secretaría de Salud en México, en el período comprendido entre 1990 y 1997, identificó 861 cepas de *Salmonella* spp aisladas de alimentos donde los serotipos más frecuentes fueron *S. Newport*, *S. Agona* y *S. Enteritidis*. Para 1999 el mismo laboratorio de Salud Pública reportó que de 9518 muestras analizadas, 284 resultaron positivas a *Salmonella*, encontrando al serotipo Enteritidis en un 9.5 % y al serotipo Typhimurium en un 8.8%, siendo el serotipo Enteritidis aislado con mayor frecuencia en aves mientras que Typhimurium en aves, moluscos y productos cárnicos (SSA, 2000). Según la OMS los serotipos que afectan con mayor frecuencia a nivel mundial son Typhimurium y Enteritidis, los cuales cada vez se hacen más resistente a los antibióticos comunes (WHO, 2000).

Técnicas de tipificación molecular para identificar patógenos

Dado que está demostrado que existe una gran diversidad genética y recombinación intragénica en los microorganismos, lo cual los hace que se adapten a diversos ambientes, hay quienes proponen que la mejor forma de caracterizar y entender la presencia de los microorganismos en uno o varios ambientes es a través del uso de técnicas genéticas moleculares (Souza *et al.*, 2001). Donde una vez los científicos buscaron anticuerpos relacionados con la enfermedad en un paciente, ahora pueden identificar el organismo mismo causante de la enfermedad por métodos nunca antes imaginados. Algo común, a estas técnicas, lo es la molécula de ADN. Ahora es posible reproducir el ADN en un tubo de ensayo, fragmentar éste, determinar su composición, cambiar su estructura, y mapear sus genes. Los principios aprendidos de estas técnicas han sido aplicados en el diagnóstico de enfermedades infecciosas, detectar individuos con cáncer y enfermedades genéticas, y asegurar la salud pública identificando patógenos. Muchas de estas técnicas han sido posibles gracias a la tecnología de la PCR (Alcano, 2001). Los métodos de tipificación molecular pueden ser clasificados en tres amplios grupos basándose en el tipo de macromolécula a ser tipificada: métodos basados en lipopolisacáridos y ácidos grasos, métodos basados en proteínas, y métodos basados en ácidos nucleicos. Dentro de estos últimos, se puede mencionar el análisis de restricción de ADN cromosomal, el análisis de plásmidos, las técnicas de

hibridación, electroforesis de gel en campo pulsado, y la tipificación basada en PCR (Swaminathan y Matar, 1993). Las técnicas de tipificación basadas en la amplificación de ácidos nucleicos mediante PCR, se fundamentan en el mismo principio general común a todas ellas: la amplificación de genes o secuencias de ADN polimórficas y la separación electroforética de los productos de amplificación. Las técnicas de PCR se pueden utilizar conjuntamente con otros métodos moleculares, como la restricción enzimática, la hibridación con sondas específicas o la secuenciación de ácidos nucleicos. Por lo general, las técnicas de tipificación basadas en la amplificación de ácidos nucleicos mediante PCR poseen un elevado poder de discriminación, son menos laboriosas, más rápidas y más flexibles que la PFGE, y permiten trabajar con un mayor número de muestras (Cockerill, 1999; Fernández, 2004). Oliveira *et al.*, (2002) reportaron que encontraron 100% de especificidad para detectar la presencia de *Salmonella* spp y para identificar el serotipo *S. Typhimurium* con la PCR en muestras colectadas en el ambiente de granjas avícolas, mencionando además 128% más de muestras positivas al conjugar la PCR con el paso de enriquecimiento en caldo selectivo Rappaport-Vassiliadis, reduciendo el tiempo de detección de siete días a 48 h. Weinstein del Lawrence Livermore National Laboratory (S&TR, 2000) señala algunas de las características de un marcador ideal para la identificación de organismos patógenos o con potencial de usarse en bioterrorismo por medio de técnicas moleculares como la PCR: pocas regiones cortas (<0.1% total), que ocurra solamente en el patógeno (no se generen falsos positivos), que ocurra en todas las variantes (no produce falsos negativos), que sea un gen necesario para la virulencia.

Polimorfismos en la longitud de los fragmentos de restricción (PCR-RFLP)

La técnica de PCR-RFLP se basa en la digestión con enzimas de restricción de productos de amplificación de genes o secuencias de ADN polimórficas. Con esta técnica se estudia una región muy limitada del genoma (p. ej., gen *fliC* que codifica para la proteína flagelina la cual forma el flagelo en *Salmonella* y otras bacterias). Por lo que su poder de discriminación y reproducibilidad suelen ser algo inferiores al de otros métodos de tipificación. En general, el poder de discriminación de esta técnica depende de una serie de factores como la especie del microorganismo, el gen analizado y el tipo de enzima de restricción. El poder de discriminación de la técnica de PCR-RFLP es inferior al de la PFGE aunque puede incrementarse utilizando varias enzimas de restricción. La principal ventaja de la PCR-RFLP radica en la rapidez y simplicidad de la técnica, que permite la obtención de resultados en una sola jornada, y la reproducibilidad de los patrones de restricción (Fernández, 2004). Kilger y Grimont (1993) señalan que no obstante la serotipificación es un método preciso y confiable para diferenciar

serotipos de *Salmonella*, esta técnica emplea mucho tiempo, así como de un juego de 167 muestras de sueros específicos, mientras que la técnica PCR-RFLP en base al gen *fliC* utilizada por ellos, probó ser un método útil en la identificación de serotipos de *Salmonella* que han perdido su flagelo pero que poseen el gen *fliC* en estado reprimido. Winstanley *et al.*, (2001) describen la aplicación de la técnica PCR-RFLP en base al gen *fliC* de *Burkholderia cepacia* para determinar la correlación entre el genotipo del gen para la proteína flagelina y la designación del genomovar. Encontraron que las cepas que comparten el mismo patrón de restricción son consistentes en cuanto a la designación de su genomovar, concluyendo que este método de genotipificación en base al gen *fliC* de *B. cepacia* puede ser usada como herramienta epidemiológica para la identificación de cepas similares pero de diferente origen. Smith y Selander (1990), mencionan que se ha sugerido que la diversidad antigénica en la proteína flagelina de los serotipos de *Salmonella* es generada por una rápida deriva aleatoria en la secuencia aminoacídica de la región central, apoyando esta hipótesis el hecho de que los péptidos trípticos solubles a partir de las proteínas de la flagelina fase 1 de dos aislados de *S. Typhimurium* LT2 diferían en al menos cinco aminoácidos. Si las flagelinas de células clonales de la misma cepa pueden exhibir este nivel de divergencia, se puede esperar encontrar que los genes para la flagelina contengan las secuencias más variables del genoma de *Salmonella*, proporcionando un poderoso sistema para la determinación de relaciones filogenéticas entre cepas estrechamente relacionadas y una rica fuente de marcadores para investigación epidemiológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras a partir del sistema productivo de melón se obtuvieron en los meses de julio a octubre del 2005, procedían del municipio de Matamoros (Comarca Lagunera), Coahuila. Las muestras se obtuvieron de huertas manejadas bajo dos esquemas de producción, con buenas prácticas agrícolas (BPA) y sin éstas. Las muestras obtenidas a partir del sistema productivo de chile tipo Bell procedían del estado de Sinaloa, se obtuvieron durante el mes de abril del 2005 de una huerta sin BPA. Las muestras consistieron en lavados de frutos en huerta, frutos en empaque, agua del canal de riego, agua dentro de la huerta, cosechadores, trabajadores en bodega, carretillas y caja de vehículo de transporte. El lavado de ambos tipos de frutos consistió en el lavado de la superficie externa del fruto. Para el lavado, los frutos se colocaron en una bolsa individual Whirl-Pak, tomándose cada fruto con guantes (por cada muestra se uso un par de guantes) con la finalidad de evitar contaminación cruzada. A cada bolsa con los frutos se le adicionó 25 ml de agua peptonada estéril 0.1%, se lavaron dentro de la bolsa y se homogenizaron muy bien por lo menos 2 minutos y en seguida se colocaron en un frasco estéril.

Para la toma de muestras a partir de manos de trabajadores, superficies de carretillas y vehículo de transporte, se uso esponja estéril (Nasco) embebida en 10 ml de APB al 0.1%. Posteriormente la esponja se guardo en bolsa Whirl-Pak estéril (Nasco, Modesto, CA USA). Las muestras de agua se tomaron directamente en frasco estéril. Las muestras se colocaron en una hielera y se transportaron al laboratorio para proseguir con el procesamiento de las muestras dentro de las 24 h de haber sido colectadas. El análisis microbiológico de las muestras se hizo siguiendo el método del Microbiology Laboratory Guidebook para la determinación de Salmonella (FSIS-USDA, 2004).

Extracción de ADN

A un total de 81 aislados de *Salmonella* (12 recuperados del sistema productivo de melón, 10 del sistema productivo de chile Bell, 3 controles positivos de *Salmonella enterica* serotipos Typhimurium (ATCC 13311), Paratyphi A (ATCC 9150), Enteritidis (ATCC 13076) y 56 de otras fuentes), se les hizo extracción de ADN siguiendo el método CTAB (cetyl trimethyl ammonium bromide), omitiendo el uso de polyvinylpyrrolidona y β -mercaptoethanol (Doyle y Doyle, 1987). El DNA obtenido se resuspendió en 20 μ l de buffer TE 1X y se almacenó a -20 °C hasta su uso.

Reacciones de PCR en base al gen *fliC*

Cada reaccion de PCR contenía 25 pmoles de cada uno de los iniciadores descritos por Dauga *et al* (1998), 250 μ M de una mezcla de deoxinucleotidos trifosfatos (GIBCO-BRL), 1 mM de MgCl₂, 1X de Buffer para PCR (200 mM Tris-HCl pH 8.0, 500 mM KCl), 2.5 U de *Taq*-DNA polimerasa (Bioline), 10-200 ng de ADN templado y agua miliQ estéril para un volumen final de 25 μ l. Las condiciones de corrida del PCR fueron: desnaturalización a 95 °C por 1 min y luego 35 ciclos adicionales con desnaturalización a 94 °C por 30 seg, alineado de iniciadores a 60 °C por 30 seg, y extensión a 72 °C por 30 seg. Después del último ciclo las muestras se mantuvieron a 72 °C por 10 min para completar la síntesis del ADN. El termociclador fue un PCR Express (ThermoHybaid, USA). Los productos de PCR se corrieron en geles de agarosa al 1.5% a 100 Volts durante 1 h, utilizando 5 μ l de cada reacción de PCR. Para el gen *fliC* de *Salmonella* se utilizó un marcador de peso molecular Ladder de 250 pb (Invitrogen, USA). Los geles fueron teñidos con bromuro de etidio (10 mg/ml) y visualizados con transiluminador de luz UV (Spectroline Transilluminator, Model 7C-254R. Electronics Corporation, Westbury, New York, U.S.A.) y analizados mediante fotografía tomada con cámara polaroid y película A667 adaptada con filtro para luz ultravioleta.

Simulación de Restricción con DNA Strider

Previo a la realización de las digestiones del análisis de PCR-RFLP, se realizó una simulación del análisis de restricción con el software DNA Strider 1.2 (Marck, 1988), sobre secuencias del gen *fliC* de serotipos conocidos y bajadas del GenBank con la finalidad de conocer el tamaño y número de los fragmentos esperados después de la restricción y con los cuales se compararon los patrones obtenidos en los aislados utilizados del presente estudio.

Condiciones del Análisis de PCR-RFLP

Con la intención de encontrar diferencias de sitios de restricción entre los productos de PCR del gen *fliC* de los diferentes aislados de *Salmonella* spp, se realizó el análisis de PCR-RFLP. Los productos de PCR del gen *fliC* sin purificar se usaron directamente en el análisis de restricción con la endonucleasa *Sau3A* I (Promega). La enzima *Sau3A* I reconoce y corta la secuencia 5'...▼GATC... 3'. Cada reacción de digestión contenía lo siguiente: 7.3 µl de agua miliQ estéril, 2 µl de buffer 10X (60mM Tris-HCl pH 7.5, 500mM NaCl, 60 mM MgCl₂ y 10 mM DTT), 0.2 µl de BSA (10 µg/µl), 5 U de la enzima *Sau3A* I y 10 µl de producto de PCR sin purificar. Los ingredientes de la reacción se mezclaron suavemente por pipeteo, se centrifugaron durante 5 segundos y se puso la reacción a incubar durante 1 h a 37 °C. Los productos de la digestión se observaron en geles de acrilamida al 10%, corridos a 100 Volts durante 2:30 h, utilizando 6 µl de cada reacción de digestión. Un marcador de peso molecular Hyper Ladder 100 pb (BiolineTM) se uso para determinar el tamaño de los fragmentos de restricción. Los geles fueron teñidos y visualizados como anteriormente se mencionó.

Análisis de Resultados

El grado de variabilidad entre dos aislados se determinó en base al coeficiente de Dice, en el que se define la similitud entre dos cepas como:

$$S = 2n_{ab} / n_a + n_b$$

Donde n_{ab} es el número de bandas en común en las cepas a y b , n_a y n_b respectivamente número total de bandas de la cepa a y b . Para ello se formó una matriz con 0 y 1, en donde 0 correspondió a ausencia de la banda y 1 fue presencia de ésta, generándose un dendrograma con el método UPGMA, analizados ambos con el paquete estadístico SPSS (10.0). El poder de discriminación de los métodos que se define como la probabilidad de que dos cepas escogidas al azar de una población de cepas no relacionadas sean distinguidas por el método de tipificación se determinó en base al índice de diversidad de Simpson:

$$D = 1 - \left[\frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^S X_j(X_j-1) \right]$$

Donde S es el número de tipos reconocidos por una técnica particular, X_j es número de aislados idénticos a la j -ésima cepa o serotipo, y N es el número total de cepas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada uno de los 81 aislados analizados se amplificó un producto de PCR a partir del gen *fliC*. El producto de PCR en las cepas de referencia (figura 1 A) y en los aislados de serotipo conocido (figura 1 B) fue del tamaño esperado de acuerdo con el producto de PCR simulado con el software Amplify 1.2 y los cuales estuvieron dentro del rango en tamaño que ya ha sido mencionado por McQuiston *et al.*, (2004). Los tamaños fueron de 1487 pb en *S. Paratyphi A* y *S. Typhimurium*, de 1517 pb en *S. Enteritidis* y de 1520 pb en *S. Typhi* y *S. Stanley*. La figura 1 B muestra productos de PCR de diferente tamaño entre serotipos diferentes de *Salmonella* como evidencia de la variabilidad genética del gen *fliC*. Estos resultados señalan un primer indicio de la variabilidad en la secuencia nucleotídica de este gen y que es responsable de la variabilidad antigénica observada en la proteína flagelina fase 1 (Kilger y Grimont, 1993; Herrera-León *et al.*, 2004). El tamaño promedio del producto de PCR fue de aproximadamente 1.5 kb. El análisis de PCR-RFLP con *Sau3A I* en los aislados de serotipo conocido generó siete distintos patrones de restricción del gen *fliC* (figura 2). El hecho de haber encontrado siete patrones de restricción, uno por serotipo conocido, es otra evidencia de la variabilidad genética del gen *fliC* y por lo tanto sugiere que es un buen gen blanco para la identificación a nivel de serotipo, sino de todos, de muchos aislados de *Salmonella* usando PCR-RFLP. Los patrones de restricción que se generaron con la endonucleasa *Sau3AI* en los aislados de serotipo conocido, coincidieron con los encontrados por Hong *et al.*, (2003) quienes señalan que mediante el análisis del gen *fliC* y *fljB* y doble digestión con la enzimas *Sau3AI* y *HhaI*, lograron diferenciar 24 genes flagelares fase 1 y ocho genes flagelares fase 2, los que contienen los mayores determinantes antigénicos de 52 serotipos de las especies de *Salmonella*, e incluyen los serotipos comunes encontrados en avicultura y en otras especies animales importantes destinadas al consumo alimenticio. En este trabajo se usó sólo la enzima *Sau3AI* y fue capaz de diferenciar a los serotipos *S. Kentucky*, *S. Typhi*, *S. Worthington*, *S. Stanley*, *S. Paratyphi A* (ATCC 9150), *S. Typhimurium* (ATCC13311) y *S. Enteritidis* (ATCC 13076) ya que cada uno produjo un patrón de restricción diferente.

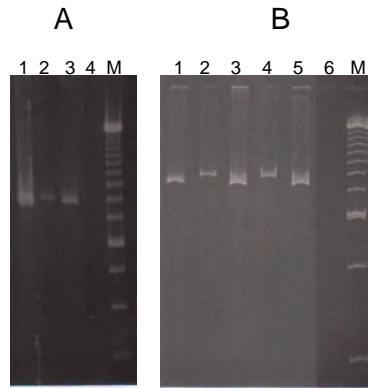


Figura 1. Productos de PCR amplificados en aislados de serotipo conocido. (A) Carril 1: *S. Paratyphi A* (ATCC 9150); carril 2: *S. Enteritidis* (ATCC 13076); carril 3: *S. Typhimurium* (ATCC 13311); carril 4: control negativo. (B) Carril 1: *S. Kentucky*; carril 2: *S. Typhi*; carril 3: *S. Wortingthon*; carril 4: *S. Stanley*; carril 5: *S. Typhimurium*; carril 6: control negativo; M: marcador de peso molecular (250 pb).

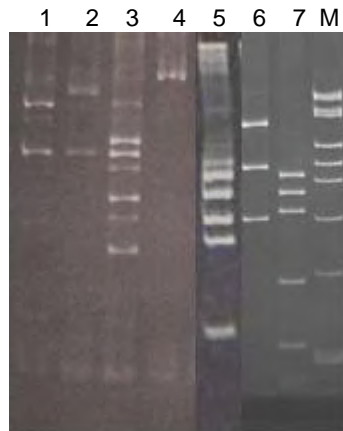


Figura 2. Perfiles de restricción del gen *fliC* de *Salmonella* obtenidos con la endonucleasa *Sau3A I* en aislados de serotipo conocido. Carril 1: *S. Kentucky*; carril 2: *S. Typhi*; carril 3: *S. Wortingthon*; carril 4: *S. Stanley*; carril 5: *S. Paratyphi A* (ATCC 9150); carril 6: *S. Typhimurium* (ATCC 13311); carril 7: *S. Enteritidis* (ATCC 13076); M: marcador de peso molecular (100 pb).

Sin embargo no pudo diferenciar al serotipo *S. Enteritidis* de los que provenían de origen de ave, ya que los patrones de restricción fueron similares. Al respecto Hong *et al.*, (2003) mencionan que ni aún con la doble digestión ellos pudieron diferenciar a *S. Enteritidis* de *S. Gallinarum* y *S. Pullorum*, que son los

serotipos más comunes de origen avícola, explicando que esto es debido a la alta homología en el gen *fliC* entre estos serotipos. El producto de PCR a partir del gen *fliC* de los 81 aislados fue sometido a digestión con la endonucleasa *Sau3A I* generándose el dendrograma de la figura 3. En lo que respecta a los aislados obtenidos de los diferentes tipos de muestras analizadas en este estudio, esta técnica fue capaz de separar los aislados por el serotipo al que pertenecen, por el origen de las muestras y por diferencias nucleotídicas en el gen *fliC* expresadas éstas como diferencias en el número de bandas y tamaño de las mismas, lo que contribuyó a que los aislados se agruparan en cuatro grupos. El serotipo más frecuente fue *S. Typhimurium* (grupo I) el cual se encontró en las muestras cárnicas de origen bovino, una muestra de ave, una muestra de origen humano y en las muestras de los sistemas productivos de melón y chile, lo cual coincide con Gutiérrez-Cogco *et al.*, (2000) quienes mencionan que *S. Typhimurium* es el serotipo más frecuentemente aislado tanto en muestras de origen humano como ambientales. De los aislados que agruparon con *S. Enteritidis* (grupo III), 17 de ellos se obtuvieron de aves, a los que fue necesario analizarlos por PCR para descartar si eran del serotipo *S. Enteritidis* y como no hubo amplificación del producto de PCR esperado a partir del gen *sdfl* específico de *S. Enteritidis*, se confirmó que no eran de este serotipo. El motivo por el que agruparon juntos *S. Enteritidis*, *S. Gallinarum* y *S. Pullorum* puede ser explicado por el hecho de que la región central del gen *fliC* que codifica para los factores antigénicos en estos serotipos es idéntica (Mortimer *et al.*, 2004), y siendo *S. Gallinarum* y *S. Pullorum* serovarietades no móviles, se considera al gen *fliC* en estos serotipos un gen críptico (Kilger y Grimont, 1993; Hong *et al.*, 2003; Imre *et al.*, 2005). También en este grupo quedaron cinco aislados obtenidos de humano y dos del sistema productivo de chile Bell. El resto de los aislados quedaron en dos grupos (II y IV) con menor similitud entre ellos con serotipos como *S. Kentucky*, *S. Typhi*, *S. Worthington*, *S. Stanley* y *S. Paratyphi A*. Es importante señalar que todos los aislados obtenidos de los sistemas productivos de melón y chile Bell eran huertas manejadas sin BPA. Respecto al software DNA Strider 1.2, es importante señalar que fue de gran ayuda ya que gracias a su uso y a las secuencias reportadas del gen *fliC* en el GeneBank, se pudo conocer antes de la digestión con *Sau3AI*, el número y tamaño de los fragmentos esperados a partir

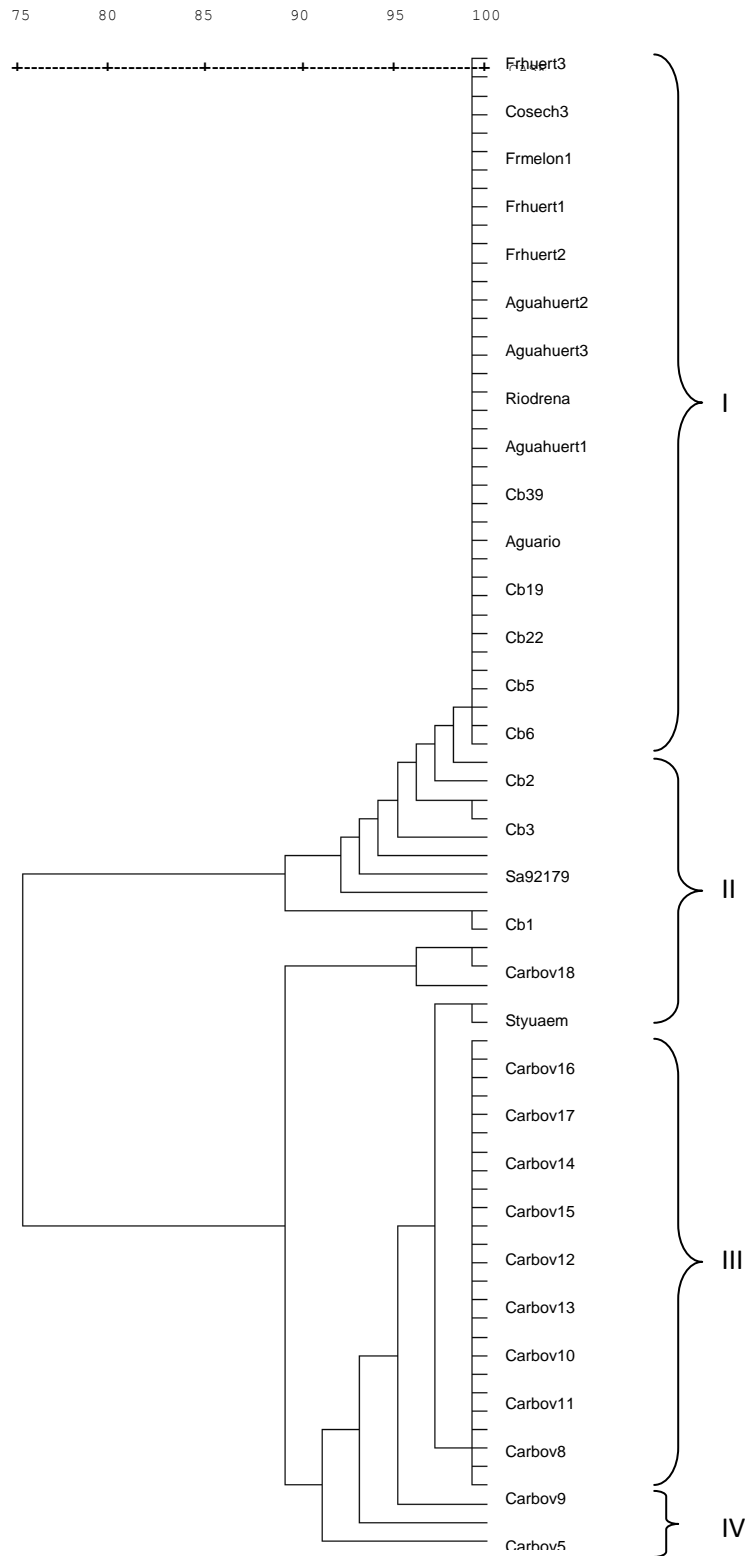


Figura 3. Agrupamientos UPGMA de aislados de *Salmonella* utilizando la enzima de restricción *Sau3AI*.

La similitud fue en base al coeficiente de Dice del gen *fliC* de cada serotipo conocido con lo cual se corroboró los patrones de restricción obtenidos, además nos permitió saber que entre los aislados obtenidos del sistema productivo de melón, el serotipo *S. Poona* que fue motivo de brotes de salmonelosis en el período 2000-2002 en Estados Unidos por consumo de melón mexicano (CDC, 2002), no estaba presente, ya que el patrón de restricción esperado para el gen *fliC* de este serotipo (en base a la secuencia del gen *fliC* de *S. Poona* obtenida del GeneBank: accesión No. AY353467) no fue observado entre los aislados obtenidos de melón. El coeficiente de similitud varió de 100 a 75 y el índice de diversidad (D) fue de 0.68. Dauga *et al.*, (1998) mencionan que si bien el gen *fliC* no fue suficiente para distinguir algunos factores antigénicos, si tiene el potencial para distinguir otros antígenos flagelares e incluso algunos serotipos, lo cual coincide esto último con lo encontrado en este trabajo. Fitzgerald *et al.*, (2001) señalan que PCR-RFLP puede ser útil por su rapidez en la caracterización preliminar de cepas cuando el objetivo es establecer una relación epidemiológica. Se menciona también (Dauga *et al.*, 1998; McQuiston *et al.*, 2004) que la técnica de serotipificación tradicional tiene entre otros inconvenientes que es cara, laboriosa y tardada (hasta tres días para determinar un serotipo) y que la técnica de PCR-RFLP puede ser una buena opción para distinguir a los serotipos más comunes, dejando la serotipificación para serotipos menos frecuentes. Si bien no se tiene un aproximado del costo que representó en este trabajo la identificación por aislado con esta técnica, el tiempo empleado para identificar varios aislados al mismo tiempo desde la puesta en marcha del PCR hasta la visualización de los fragmentos de restricción en el gel fue de aproximadamente 5 horas lo cual representa una ventaja.

CONCLUSIONES

Mediante PCR-RFLP del gen *fliC* se logró diferenciar varios serotipos de *Salmonella* spp., entre ellos algunos de importancia como *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Typhi* y *S. Paratyphi A*. Este estudio demostró la utilidad de PCR-RFLP para determinar el serotipo de aislados de *Salmonella* por comparación de perfiles de restricción de sepas de referencia conocidas. PCR-RFLP es una técnica rápida, simple, y reproducible y puede potencialmente ser aplicada en la identificación de aislados de *Salmonella* obtenidos de otros sistemas agrícolas y pecuarios. Debido a que PCR-RFLP no pudo diferenciar el serotipo *S. Enteritidis* de los de *S. Gallinarum* y *S. Pullorum*, la serotipificación tradicional continúa siendo una opción viable.

LITERATURA CITADA

- Alcano IE. 2001. DNA technology. The awesome skill. 2nd edition. Harcourt/Academic Press. U.S.A. pp: 154.
- Beuchat LR. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Geneva. World Health Organization. (Report No. WHO/FSFIFOV98.2).
- Brenner FW, Villar RG, Angulo FJ, Tauxe R & Swaminathan B. 2000. *Salmonella* nomenclature. Journal of Clinical Microbiology 38: 2465-2467.
- CDC. 2002. Multistate Outbreaks of *Salmonella* Serotype Poona Infections Associated with Eating Cantaloupe from Mexico-United States and Canada, 2000-2002. Disponible en el sitio de red: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5146a2.htm> [Revisado el 12 de noviembre de 2003].
- CDC. 2004a. *Salmonella* Annual Summary. Disponible en el sitio de red: <http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/phlisdata/salmtab/2004/SalmonellaAnnualSummary%202004.pdf> [Revisado el 10 de octubre de 2006].
- CDC. 2008. Investigación de los brotes infecciosos causados por *Salmonella* saintpaul. <http://www.cdc.gov/spanish/especialesCDC/SalmonellaSaintpaul/> (10 mayo 2010).
- Cockerill III, FR. 1999. Genetic Methods for Assessing Antimicrobial Resistance. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Vol. 43, No. 2: 199–212.
- Dauga C, Zabrovskaja A, and Grimont PAD. 1998. Restriction fragment length polymorphism analysis of some flagellin genes of *Salmonella enterica*. J. Clin. Microbiol. 36:2835–2843.
- Doyle J. J, Doyle J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem Bull 19:11–5.
- Ezaki T, Kawamura Y and Yabuuchi E. 2000. Recognition of nomenclatural standing of *Salmonella typhi* (Approved Lists 1980), *Salmonella enteritidis* (Approved Lists 1980) and *Salmonella typhimurium* (Approved Lists 1980), and conservation of the specific epithets *enteritidis* and *typhimurium*. Request for an Opinion. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 50: 945–947.
- FAO. 2000. Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control. Roma. Disponible en el sitio de red: <http://www.fao.org/DOCREP/005/W8088S/W8088S00.HTM> [Revisado el 8 de mayo de 2004].
- Fernández, CF. 2004. Aplicaciones de las técnicas de PCR a la epidemiología molecular de las enfermedades infecciosas. Enferm Infecc Microbiol Clin. 22(6):355-60.
- FDA. 2001a. Los diez patógenos de alimentos menos apreciados. USA. Disponible en el sitio de red: <http://www.foodsafety.gov/~fsg/bac/s10least.html> [Revisado el 21 de junio de 2003].
- FDA. 2001b. Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce. Chapter IV: Outbreaks Associated with Fresh and Fresh-Cut Produce. Incidence, Growth, and Survival of Pathogens in Fresh and Fresh-Cut Produce. USA. Disponible en el sitio de red: <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-4a.html> [Revisado el 16 de junio de 2006].
- FDA. 2003a. U.S. Food & Drug Administration. Center for Food Safety & Applied Nutrition. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. *Salmonella* spp. USA. Disponible en el sitio de red: <http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap1.html> [Revisado el 10 de junio de 2003].

- Fitzgerald C, Helsel LO, Nicholson MA, Olsen SJ, Swerdlow DL, Flahart R, Sexton J and Fields PI. 2001. Evaluation of Methods for Subtyping *Campylobacter jejuni* during an Outbreak Involving a Food Handler. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol. 39, No. 7: 2386–2390.
- FSIS-USDA. Food Safety and Inspection Service–United States Department of Agriculture. 2004. Isolation and identification of *Salmonella* from meat, poultry, and egg products. Available from: http://www.fsis.usda.gov/PDF/MLG_4_04.pdf. (10 abril 2008).
- Gutiérrez-Cogco L, Montiel-Vázquez E, Aguilera-Pérez P and González-Andrade MC. 2000. Serotipos de *Salmonella* identificados en los servicios de salud de México. *Salud Pública de México* 42:490-495.
- Herrera-Leon S, McQuiston JR, Usera MA, Fields PI, Garaizar J, and Echeita MA. 2004. Multiplex PCR for distinguishing the most common phase 1 flagellar antigens of *Salmonella* spp. *J. Clin. Microbiol.* 42: No.6: 2581-2586.
- Hong, Y., Liu T, Hofacre C, Maier M, White DG, Ayers S, Wang L, and Maurer JJ. 2003. A restriction fragment length polymorphism-based polymerase chain reaction as an alternative to serotyping for identifying *Salmonella* serotypes. *Avian Dis.* 47:387–395.
- Imre A, Olasz F, Nagy B. 2005. Development of a PCR system for the characterisation of *Salmonella* flagellin genes. *Acta Veterinaria Hungarica.* 53: No. 2:163-172.
- Kilger G and Grimont PAD. 1993. Differentiation of *Salmonella* Phase 1 Flagellar Antigen Types by Restriction of the Amplified *fliC* Gene. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol. 31, No. 5: 1108-1110.
- Marck C. 1988. "DNA Strider": A "C" program for the fast analysis of DNA and protein sequences on the Apple Macintosh family of computers. *Nucleic Acids Res.* 16: 1829-1836.
- McQuiston JR, Parrenas R, Ortiz-Rivera M, Gheesling L, Brenner F, and Fields PI. 2004. Sequencing and Comparative Analysis of Flagellin Genes *fliC*, *fljB*, and *flpA* from *Salmonella*. *J. Clin. Microbiol.* 42: No. 5: 1923-1932.
- Mortimer CKB, Peters TM, Gharbia SE, Logan L. MJ, and Arnold C. 2004. Towards the development of a DNA-sequence based approach to serotyping of *Salmonella enterica*. *BMC Microbiology.* 4:31
- Odumeru. J. A.; Steele, M.; Fruhner, L.; Larkin, C.; Jiang, J.; Mann, E.; and Bruce Mcnab, W. 1999. Evaluation of Accuracy and Repeatability of Identification of Food-Borne Pathogens by Automated Bacterial Identification Systems. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol. 37. No. 4: 944–949.
- Oliveira SD, Santos LR, Schuch DMT, Silva AB, Salle CTP, Canal CW. 2002. Detection and identification of salmonellas from poultry-related samples by PCR. *Veterinary Microbiology* 87: 25-35.
- Secretaría de Salud. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. México. DOF. 22 de sep 1995.
- Smith NH and Selander RK. 1990. Sequence Invariance of the Antigen-Coding Central Region of the Phase 1 Flagellar Filament Gene (*fliC*) among Strains of *Salmonella typhimurium*. *Journal of Bacteriology*. Vol 172, No. 2: 603-609.
- Souza V., Castillo A., Rocha M., Sandner L., Silva C.y Eguiarte L.E. 2001. Ecología Evolutiva de *Escherichia coli*. *Interciencia*. Vol. 26. No. 10: 513-517.
- SSA. 2000. Vigilancia Epidemiológica. Serotipos de *Salmonella* spp en alimentos aislados con mayor frecuencia 1990 - 1997. México: Secretaria de Salubridad y asistencia. Disponible en el sitio de red: http://www.cdc.gov/ncidod/op/food_sp.htm [Revisado el 21 de julio de 2003].
- S&TR (Science & Techonology Review). 2000. Uncovering Bioterrorism. Disponible en el sitio de red: <http://www.llnl.gov/str/5.00.html> [Revisado el 26 de febrero de 2005].

- Swaminathan B, y Matar GM. 1993. Molecular typing methods. Cap 2. In *Diagnostic Molecular Microbiology. Principles and Applications*. D.H. Persing *et al.* (Eds.). American Society of Microbiology. Washington, D.C. pp: 26-50.
- WHO. 2000. Programme. FS. Food Safety. An essential Public Health Issue for the New Millenium. Geneva.: World Health Organization, WHO/SDE/PHE/FOS/99.4,
- Winstanley C, Detsika MG, Glendinning KJ, Parsons YN and Hart CA. 2001. Flagellin gene PCR-RFLP análisis of a panel of strains from *Burkholderia cepacia* complex. *J. Med. Microbiol.* Vol. 50: 728-731.

Capítulo IV

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE ORIGEN ANIMAL, VEGETAL Y DOMÉSTICO PARA LA ELABORACIÓN Y USO DE COMPOSTA EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA.

Recycling Organic Wastes of Animal, Plant and Domestic Development and Use of Compost in Organic Agriculture.

Alejandra Nieto-Garibay¹, Bernardo Murillo-Amador, Enrique Troyo-Diéguez, Alfredo Beltrán-Morales², Francisco Higinio Ruíz-Espinoza², José Luis García-Hernández³

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), Mar Bermejo #195 Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23090. Tel. (612) 12 3 8484 Ext. 3448 Fax. (612) 12 53625. correo-electrónico responsable: anieto04@cibnor.mx. ²Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Carretera al sur km 5.5, El Mezquitito, A. P. 19-B, C.P. 23080 La Paz, Baja California Sur 23070, Mexico. Tel: +52 612 123 8800 Ext. 5507 Fax +52 612 1238822 Ext. 5599. ³Universidad Juárez del Estado de Durango – Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio (UJED-FAZ)-Tlahualilo km 3.5 Gomez Palacio, Dgo. 35000.

RESUMEN

La composta es uno de los fertilizantes naturales más utilizados en la agricultura orgánica. Los residuos de animales, plantas y residuos domésticos son utilizados para la elaboración de composta, sin embargo, también deben ser aceptados por las agencias de certificación orgánica. Los estiércoles, residuos orgánicos domésticos y los residuos agrícolas son los más comúnmente utilizados para la elaboración de composta. Los residuos orgánicos domésticos representan del 40 al 50% del porcentaje total de residuos municipales, por lo que su tratamiento a través de compostaje representa una buena alternativa para disminuir el problema de la basura. Como indicadores del proceso de compostaje, la relación carbono-nitrógeno y la temperatura proporcionan información importante acerca de la calidad final y el estado sanitario de la composta. Cada agencia de certificación orgánica cuenta con su normatividad, sin embargo, es posible generalizar que dentro de las características de la composta, ésta no debe contener organismos patógenos, metales pesados o cualquier otra sustancia contaminante. Por

lo que debe estar acorde a todos los principios de la agricultura orgánica. Bajo este contexto es primordial el trabajo conjunto de entre instituciones de investigación, productores y agencias certificadoras para el debido cumplimiento de la normatividad de certificación orgánica.

Palabras clave: *Certificación orgánica, reciclaje, abono orgánico*

SUMMARY

Compost is one of the most natural fertilizers used as organic agriculture. Recycled of animal, plants and domestic wastes are used for compost elaboration, but must be accepted as allow materials by organic certification agencies. Manure wastes, domestic organic wastes and crop wastes are the most common for compost elaboration. About domestic wates represent the 40 and 50% of the total percentage of the waste municipal residues, although compost process is one of the treatment ways to solve wastes problems. As indicator parameter of compost process, carbon-nitrogen ratio and temperature show important information about quality final compost and sanitary status. Organic Certificated Agencies have its own normativity about compost used and elaboration; in general, compost do not must contain pathogens microorganisms, heavy metals and any kind of pollution substance. Althogh compost must be accord with all principles of organic agriculture. Joint work between research institutions, organic producers and certifying agencies for compliance with organic regulations is essential.

Index words: *Organic certification, recycling, organic fertilizer.*

INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos producidos sanamente va en aumento en el mundo, consecuentemente la agricultura orgánica como práctica que permite la garantía al consumidor de un producto sano también va en aumento. La principal característica de este tipo de agricultura es el uso de insumos de origen natural para cubrir los requerimientos nutricionales y aquellos que van destinados al control de las plagas y enfermedades de los cultivos. Particularmente los fertilizantes, abonos y biofertilizantes orgánicos son parte primordial en la producción agrícola orgánica. Son insumos que no contienen agroquímicos con efectos residuales y que no deben causar ningún efecto negativo a la salud humana. Debido a su origen natural se caracterizan por contener

menores cantidades de nutrientes comparados a los fertilizantes sintéticos, sin embargo, poseen la cualidad de ser más integrales en su acción benéfica. De esta manera, los biofertilizantes lo constituyen principalmente microorganismos benéficos cuya acción facilita la asimilación de nutrientes por la planta, fomentando la población de los mismos en el suelo permaneciendo a lo largo del cultivo y manteniendo poblaciones en el suelo aun después de terminado el ciclo del cultivo. Los fertilizantes y abonos orgánicos están mejor representados por la composta sus derivados (lixiviados, té y extractos) y la lombricomposta. Las ventajas del uso de este tipo de abono orgánico es su versatilidad en el uso de residuos orgánicos casi de cualquier tipo para su elaboración. Considerando que más del 40 % de la basura urbana está constituida por residuos orgánicos, su tratamiento a través del proceso de compostaje es una de las vías más factibles para contribuir a la solución de la problemática del manejo de la basura además de la obtención de un producto útil para la mejora de suelos. Por otro lado, aunque no se tienen datos oficiales acerca de los residuos orgánicos generados por actividades industriales tales como los que tienen que ver con la manufactura de alimentos de origen marino, actividades acuícolas y agrícolas, así como de la producción agrícola (rastros, pajas etc.), es un hecho que se generan en un alto porcentaje y que finalmente van a dar a rellenos sanitarios incrementando la problemática de la basura por la contaminación que produce su descomposición al aire libre y los escurrimientos de los lixiviados que se llegan a filtrar a mantos acuíferos. Bajo el contexto anterior, es importante visualizar al compostaje como una actividad que más allá de ser un abono rico en nutrientes para suelos agrícolas, adquiere valores agregados cuando se utiliza en la agricultura orgánica como principal fuente de materia orgánica, y como la solución a una gran parte de la problemática del mal manejo de la basura.

Concepto y clasificación de residuos orgánicos.

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, "residuo" es aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que pueden ser susceptibles de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final. Partiendo de la definición anterior, la ley considera una agrupación y subclasificación de los residuos (DOF, 2007). Los residuos orgánicos constituyen una subclasificación de los residuos sólidos urbanos, mientras que dentro de los residuos de manejo especial en su Artículo 19 inciso III menciona como una subclasificación a aquellos residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades (DOF, 2007). Desde el punto de vista biológico y ajustándose al concepto de residuo dentro de la ley anterior, un residuo orgánico es

aquel que proviene de un organismos vivos y que se genera como el resultado de un manejo del mismo hasta el punto donde es desechado, como un residuo del mismo organismo o bien, se genera de manera natural por la muerte misma del organismo. En la naturaleza, los residuos orgánicos se transforman de forma natural y pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo. El proceso de transformación incluye cambios físicos y químicos que los materiales van sufriendo con el tiempo debido a la acción de microorganismos y en un medio con suficiente humedad y oxígeno. Desde el punto de vista de la transformación de los residuos orgánicos en abonos, el proceso de compostaje es la aceleración de este proceso favoreciendo las condiciones de humedad y oxigenación para proporcionar un medio óptimo para el desarrollo de los microorganismos. De manera específica el aprovechamiento de residuos orgánicos para la obtención de composta en agricultura orgánica está limitado a aquellos residuos orgánicos que garanticen su inocuidad siguiendo la normatividad de cada agencia certificadora según sea el caso (FAO, 1991; Nieto-Garibay, *et al.*, 2002). De manera teórica, todos los residuos orgánicos son susceptibles de ser utilizados para el compostaje, en la práctica dependerá del tipo de residuo orgánico, el fin último del abono obtenido y de la cantidad con que se cuente.

Residuos animales

Dentro de los residuos orgánicos de origen animal se encuentran las deyecciones de los mismos ya sea de forma sólida o líquida, los más utilizados como abono en la producción vegetal son los estiércoles y purines. Los estiércoles han sido utilizados en el mundo desde tiempos remotos como mejoradores de suelo y como estimulantes en la producción de cultivos, su uso obedeció en primera instancia al sedentarismo y establecimiento del hombre y con ello su necesidad por la producción animal y agrícola con el fin de cubrir sus necesidades básicas (Ctrowe *et al.*, 2002; Soliva *et al.*, 2008). Dentro de las propiedades que se le han atribuido y que han sido plenamente identificadas y comprobadas se resumen principalmente las siguientes:

La aportación de nutrimentos al suelo y su liberación de manera gradual para ser aprovechados por las plantas, incluyendo el aporte de carbono orgánico para el uso de microfauna benéfica del suelo y formación de complejos orgánicos.

Mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo: mejora la estructura y textura del suelo favoreciendo la retención de humedad, permeabilidad y porosidad del mismo, para un mejor desarrollo de la parte radical de las plantas. Eleva la capacidad del intercambio catiónico favoreciendo la permanencia de nutrimentos en el suelo. Favorece la reproducción y permanencia de microorganismos benéficos del suelo.

Sin embargo, su uso directo se ha ido limitando por algunas de las normativas de las agencias certificadoras orgánicas (IFOAM, 2005; USDA, 2005; DOUE, 2007), debido a que no garantiza la inocuidad de los cultivos y de la salud humana. Su tratamiento a través del compostaje permite que los microorganismos patógenos desaparezcan gracias a las altas temperaturas alcanzadas.

El estiércol es el producto que se obtiene de la fermentación anaeróbica sucedida en el intestino de los residuos alimentarios no utilizados por los rumiantes (Pérez-Gavilán y Viniegra, 2000), su uso para el compostaje proviene principalmente del ganado ovino, bovino, caprino, gallinaza y cerdo. Los estiércoles pueden clasificarse cualitativamente como "frescos, maduros y semihechos" (Labrador, 2001). Los frescos se caracterizan porque se puede identificar claramente su composición y las deyecciones, el color también es característico su tonalidad es más clara que un estiércol maduro o semihecho. Los estiércoles maduros, son aquellos que ya han pasado por una etapa de fermentación hasta el punto en que sus componentes originales no pueden ser identificados, su color es más oscuro y sin purines visibles. Por último, los semihechos que es un estado de maduración intermedio. De acuerdo a cada uno de los estados mencionados dependerán sus características y las cantidades de elementos que contengan, lo cual es determinante para su uso en el compostaje. De manera general un estiércol puede considerarse un compuesto de naturaleza órgano-mineral, rico en materia orgánica, con un contenido en elementos minerales bajo (Labrador, 2001). La forma en que se encuentran el nitrógeno, fósforo y potasio dependerán del estado de madurez en que se encuentre al momento de su uso. Un estiércol fresco contendrá mayor cantidad nitrógeno orgánico que es necesario que se mineralice para ser asimilado por las plantas, al igual que el fósforo y potasio. Un estiércol muy maduro aportará una mayor cantidad de minerales que uno fresco debido a su etapa avanzada de transformación. Dentro de los factores determinantes en el contenido de macronutrientes están el tipo de alimentación y su digestibilidad, la edad y el estado de salud del animal (Trinidad Santos, 1999), los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, características físico-químicas como pH, conductividad eléctrica, salinidad, etc. y contenido mineral estarán en función de los factores mencionados. A manera de ejemplo se puede considerar el cuadro 1 que resume características de diferentes estiércoles.

Cuadro 1. Composición de nutrientes y características físico-químicas de estiércoles de diferentes ganados.

Determinaciones	Tipo de estiércol					
	Vacuno	Vaca	Gallina	Porcino	Pollino	Equino
Humedad (%)	36	30	20	25	18	18
pH (relación 1:2)	8	7.4	7.2	7	7.5	7.5
Materia Orgánica (%)	70	70	68	60	55	55
Nitrógeno Total (%)	1.5	3.7	3.7	1.	2.5	2.5
Fósforo (%)	0.6	2.2	2	0.	0.6	0.6
Potasio (%)	2.5	2.7	30	6	8	8
Calcio (%)	3.2	5.7	7.5	6	8	8
Magnesio (%)	0.8	1	2.3	0.	0.2	0.2
Sodio (%)	1.6	1.1	0.3	0.	0.1	0.1
Zinc (mg L ⁻¹)	13	516	-	-	-	-
Manganeso (mg L ⁻¹)	0.6	26	474	-	-	-
Hierro (mg L ⁻¹)	4	<3	4,902	-	-	-
Relación C/N	54	26	11	13	33	18
Mineralización (% 1er. año)		35	90	65	30	32

Fuente: Trinidad Santos, 1999.

La permisividad del uso de estiércoles para composta depende de las exigencias de la normatividad de las agencias certificadoras. Aunque cada una especifica las condiciones de uso, se pueden generalizar algunos puntos importantes acorde con los principios de ecología y precaución propios de la agricultura orgánica (FAO, 2001; IFOAM, 2009). Los estiércoles no deben contener sustancias residuales contaminantes (antibióticos, hormonas, metales pesados, etc.) que no sean degradadas durante el compostaje. El uso de estiércoles para compostaje dependerá (además de cubrir las condiciones declaradas por las certificadoras) de la cantidad con que se cuente y su origen. La producción de estiércoles en el mundo y el origen de los diferentes animales de donde procede es diferente en cada país, aunque es difícil estimar la producción de estiércol debido a la diversidad de razas, tamaños y alimentación, existen datos que han sido publicados por diversos autores que mencionan que la producción a nivel mundial es de aproximadamente 80 litros por semana de deyecciones para terneros de menos de un año, 315 L/semana para vacas lecheras, 15 L/semana para lechones de menos de 20 kg,

100 L/semana para verracos, anual de México se estima en 61 millones de toneladas sólo de ganado estabulado o semi estabulado (Gondar y Solé, 2008, Trinidad Santos, 1999). A nivel mundial se estima que el 70 % de los estiércoles producidos proviene del ganado bovino (Fig. 1).

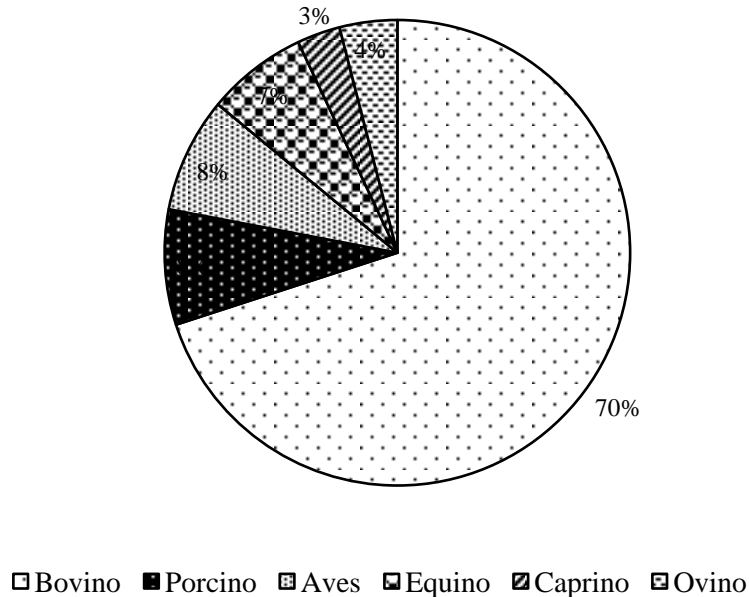


Figura 1. Porcentajes de estiércol producido por tipo de ganado a nivel mundial. (Fuente: Bernal y Bouzada, 2008)

Residuos urbanos

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2007), los Residuos Sólidos Urbanos son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole. Por su origen y volumen de producción los residuos urbanos representan un gran problema mundial en la actualidad al igual que la basura en general. Su disposición y manejo inadecuado provoca diversas formas de contaminación. Al ser desechados junto con el resto de residuos sólidos, impiden su reciclaje o reuso fácilmente, elevando los costos para su manejo. La descomposición de los residuos orgánicos involucra procesos de fermentación mismos que producen gases y lixiviados que pueden ser un foco de contaminación para el aire, el suelo y el agua, si el

proceso no se lleva a cabo bajo debido control. Aunado a lo anterior, provoca problemas de salud a las personas que se encargan de la recolección y disposición final de la basura por su exposición a microorganismos patógenos que se reproducen en los residuos orgánicos (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Rodríguez y Córdoba, 2006; US EPA, 2006). Cifras mundiales coinciden en que la producción de residuos orgánicos en el mundo oscila entre el 40 y 50 % del porcentaje total de la basura producida (INE, 2009; SEMARNAT, 2009). México no es la excepción, se estima que el porcentaje de residuos sólidos generados en el 2008 representó el 52 % del total de la basura como se muestra en la Fig. 1 (SEMARNAT, 2009). La transformación de los residuos sólidos urbanos a través del compostaje ha representado una buena alternativa de solución a la problemática de la basura y adicionalmente se obtiene un abono natural que puede ser comercializado (Ordáz *et al.*, 1999; Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

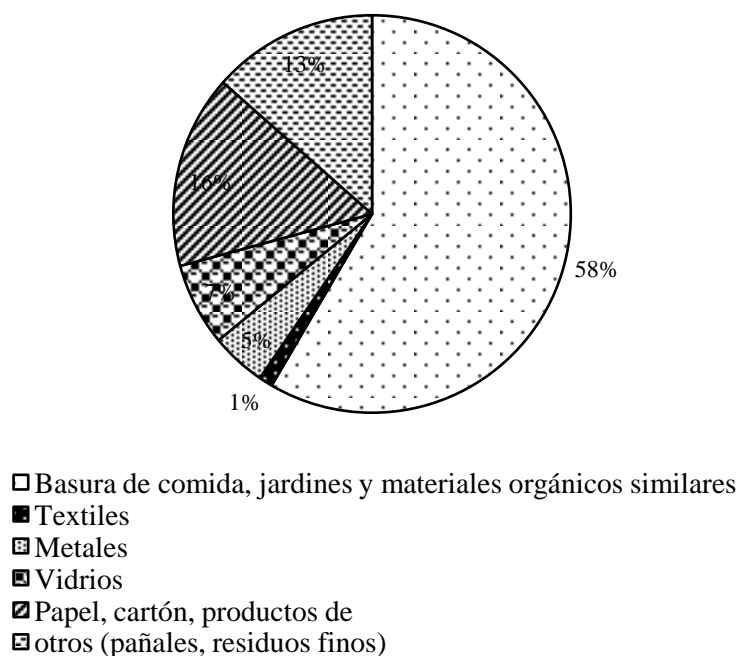


Figura 2. Distribución porcentual del tipo de Residuos Sólidos Urbanos en el 2008. Fuente: SEMARNAT, 2009.

El uso de este tipo de residuos para composta en la agricultura orgánica está permitido por las normas orgánicas de algunos países, sin embargo, coinciden en que deben ser tratados a través del compostaje y sin incluir heces fecales de animales domésticos (IFOAM, 2005; USDA, 2005; DOUE, 2007). Debido a que los residuos domésticos están constituidos principalmente por desechos de frutas, verduras y de alimentos con un procesamiento doméstico, los valores de la relación C/N que contienen es

baja (15-20) por lo que se debe balancear con residuos ricos en carbono (Rodríguez y Córdova, 2006) como el papel, aserrín, hojarasca seca, pajas, etc. para lograr un buen abono final. El uso de residuos orgánicos domésticos no son utilizados a gran escala en nuestro país para la elaboración de composta que finalmente se utilice en la agricultura orgánica, sino que destina mayormente al uso para jardinería y pequeños huertos familiares, o traspatio. Sin embargo, debido al volumen que representan como parte del total de la basura generada en las grandes ciudades representa un material para el compostaje a considerar.

Residuos vegetales

Este tipo de residuos se refieren principalmente a los residuos agrícolas de cosechas y se definen como la fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. De forma similar, los restos de poda de los cultivos leñosos deben ser considerados asimismo residuos agrícolas estrictos (Martínez Farré, 2006). Si bien existe diversidad en el tipo de residuos de cosecha se puede generalizar que se caracterizan por tener un elevado contenido de materia orgánica y una alta relación de C/N, mismo que varía de acuerdo al estado de descomposición o deshidratación que tengan. No existe un dato exacto de la producción de este tipo de residuos, Koopmans y Koppejan (1998) proponen un método para el estimar la cantidad de residuos agrícolas que se generan en un cultivo. El método se basa en un índice de producción de residuos con siglas en inglés RPR (residue-production-ratio) y se obtiene de multiplicando la producción anual del cultivo por esta relación. El Cuadro 2 indica los residuos generados de los principales cultivos a nivel mundial y en México de acuerdo a los datos de producción anual mundial (FAO, 2004) y del país (SIAP, 2008) respectivamente. Es importante mencionar que el índice debe tomarse con algunas reservas para su uso ya que no contempla aspectos como el contenido de humedad de los residuos y las variaciones de acuerdo a los genotipos del mismo cultivo (Bernal y Gondar, 2008). Otro tipo de residuos orgánicos vegetales son los residuos verdes, se trata de residuos de cultivos que se cosechan antes de la senescencia vegetal. Por este motivo los residuos presentan alto contenido en humedad y generalmente son fácilmente degradables y su relación C/N es menor que los residuos secos de cosecha (Martínez Farré, 2006). Estos tipos de residuos orgánicos son los más comúnmente utilizados para su compostaje y producción de abono.

Es importante mencionar que los residuos de cosecha es una de las fuentes más importantes para su uso en el compostaje debido a los volúmenes de producción que se generan. Sus características por lo tanto

son relevantes para ser consideradas durante el compostaje, en la generalidad cuentan con un elevado contenido en materia orgánica con una elevada relación C/N, lo que facilita su uso en el proceso, su fracción mineral varía dependiendo del órgano o fracción de que se trate. (Martínez Farré, 2006). Otro aspecto importante del compostaje de este tipo de residuos es que como producto generado de parcelas de cultivo, forma parte importante de las acciones para la sostenibilidad del agroecosistema obteniendo un insumo desde dentro de la misma parcela o lugar de producción. Es decir, de un residuo que se genera en la producción vegetal, se reincorpora una vez procesado a través del compostaje y reincorporado en el suelo.

Cuadro 2. Producción de residuos orgánicos de cosecha de algunos cultivos importantes a nivel mundial y de México.

Cultivo	Residuo	RPR	Producción de residuos (x 10 ³ toneladas)	
			Mundial	México
Trigo	Paja	1.750	973,611	7 373.705
Maíz	Tallos	2.000	1 276 086	25 589.639
	Mazorca	0.273	174 186	6664
Sorgo	Paja	1.250	473 085	9 124.549
Arroz	Paja	1.757	1 035 094	394.219
Algodón	Tallos	2.775	155 669	1013.502
Soya	Paja	2.500	473.085	382.555

Fuente: Modificado de Bernal y Gondar, 2008. RPR (residue-production-ratio)

La relevancia de este círculo está dada en el cumplimiento de uno de los principios de la agricultura orgánica que fomenta el reciclaje de materiales dentro de las fincas sin depender de insumos externos, lo que como consecuencia se ve reflejado en un bajo costo de producción (Trápaga y Torres, 1994).

Condiciones de los residuos orgánicos y del uso de la composta en la agricultura orgánica.

En el proceso de compostaje casi cualquier material puede ser susceptible de transformarse en abono orgánico, pero la aceptación de cada residuo para compostaje y la aplicación de una composta en la agricultura orgánica de dependerá de su origen, de los elementos o microorganismos biológicos que contenga, de la presencia de metales pesados, sustancias residuales como lo es el caso de antibióticos y hormonas en estiércoles, plaguicidas y el contenido de sales (Cuadro 3). Como referencia es posible utilizar la información como la que proporciona la guía de Ontario en Canadá para metales pesados contaminantes y las cantidades de la USDA permitidas para la contaminación de alimentos por

herbicidas se muestra en el Cuadro 3 como valores de referencia. La importancia dentro de la agricultura orgánica de llevar a cabo un proceso de compostaje adecuado radica en la garantía de que el abono obtenido sea inocuo. Lo cual implica que cumplió con las normas establecidas de las certificadoras orgánicas según sea el caso. En el caso del compostaje para la agricultura orgánica existen dos indicadores que proporcionan información determinante a las agencias certificadoras, la temperatura a lo largo del proceso y la relación C/N. La forma en que se comprueba el cumplimiento de la normatividad orgánica se realiza principalmente a través de bitácoras que contienen el historial de temperaturas que se registran a lo largo de todo el proceso de compostaje. Según expertos como Paul y Clark (1996) y Epstein (2001) las temperaturas a las que los organismos patógenos tanto para vegetales como para el hombre pueden morir a partir de los 50 °C. De aquí, que dentro del Reglamento Final del Programa Orgánico (USDA, 2005) exija en su normatividad que las compostas alcancen temperaturas de entre los 55 °C y 77 °C desde 3 días a 15 días dependiendo si es un sistema de pila estática aireada o un sistema de composteo en hilera. La importancia entonces del seguimiento de la temperatura durante el proceso de compostaje para comprobar su inocuidad es quizás el indicador más importante para este fin. Su medición se puede realizar con cualquier termómetro clínico de mercurio o termómetros de pistilo largo para compostaje con rangos que permitan mediciones de hasta 100 °C. Las mediciones diarias al inicio del proceso son las más importantes debido a la cinética del proceso cuya etapa termófila se alcanza rápidamente (dentro de los primeros 3 días) y donde se registran las mayores temperaturas. Las temperaturas a las que los microorganismos patógenos desaparecen no son posibles de alcanzar sin una adecuada relación C/N inicial, esta relación deberá ser cuidada desde el establecimiento del compostaje con el fin de que los microorganismos encuentren el medio apropiado para su reproducción y vida. El balance de C/N dependerá a su vez del contenido de Carbono y Nitrógeno de cada tipo de residuo que se va a utilizar para compostar, ambos elementos son determinados mediante análisis en laboratorio. Según la normatividad orgánica se recomienda un balance de C/N inicial que esté entre los valores de 25 a 35 para que el proceso de compostaje se lleve adecuadamente (USDA, 2005; Moreno y Moral, 2008). Actualmente es posible encontrar listas de materiales con estas determinaciones, lo cual facilita la mezcla de los mismos sin tener que analizar en laboratorio cada material. Sin embargo, es importante considerar que la relación C/N varía en un mismo cultivo por diversos factores, principalmente por el tipo de fertilización, condiciones del suelo y el grado de descomposición o estado de transformación del residuo. De aquí la importancia de que en cada región cuente con una base de datos de análisis del contenido de carbono orgánico y nitrógeno

total de al menos los residuos más importantes desde el punto de vista del volumen en que se generan para su uso en el compostaje.

Cuadro 3. Cantidad de metales pesados y herbicidas permitidas en los alimentos

Metales ^a	$\mu\text{g g}^{-1}$	Otros ^b	
Arsénico	10	Plástico (%)	1
Cadmio	3	Otros (%)	2
Cromo	50	PCB ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.5
Plomo	150	Captan ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.05-100
Mercurio	0.15	Chlordane ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.30
Níquel	60	Lindane ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1-7
Zinc	500	2,4-D ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.5-1.0

^a Ontario (Gies, 1992)

^b USDA (Henry, 1991)

CONCLUSIONES

El uso de la transformación de residuos orgánicos en abono ha sido parte del hombre desde su sedentarismo, si bien gran parte de estas prácticas se perdió con la revolución verde, nuevamente repunta en su importancia. Actualmente con el auge que la agricultura orgánica está tomando los abonos y fertilizantes orgánicos son los insumos de mayor importancia para la producción orgánica, debido a la importancia que cobra sus beneficios en la sostenibilidad de los suelos y los beneficios en las plantas. Debido a lo anterior, la investigación acerca del proceso de compostaje, las diferentes metodologías y características de residuos orgánicos óptimos para el proceso van en aumento así como el estudio de la composta resultante y su uso. Sin embargo, todavía falta mucho por hacer con el fin de incrementar el abanico de posibilidades para que la producción de este tipo de abonos mejore y se incremente. Los estudios e investigaciones permitirán además llevar a cabo un adecuado proceso de compostaje bajo el seguimiento de la normatividad orgánica garantiza la inocuidad de las compostas, la normatividad es clara y cada vez más específica, por lo que, el trabajo conjunto entre instituciones de investigación, productores y agencias certificadoras para el debido cumplimiento de dicha normatividad es primordial.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los técnicos del campo experimental del CIBNOR Pedro luna García y Amado Cota y del laboratorio de edafología Manuel Trasviña Castro.

LITERATURA CITADA

- Bernal Calderón M.P. y Gondar Bouzada. 2008. Producción y gestión de los residuos orgánicos: situación actual a nivel mundial, comunitario y estatal. pp. 9-42 *In*: Moreno Casco J. y Moral Herrero R. (ed.). Compostaje. Mundiprensa. España.
- Crowe, M., K. Nolan., C. Collins., C. Carty., B. Donlon y M. Kristoffersen. 2002. Biodegradable municipal waste management in Europe. Part 3: Technology and market issues. European Environment Agency, 32 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última Reforma. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios Centro de Documentación, Información y Análisis. México
- DOUE. 2007. Reglamentos. Sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) No. 837/2007.
- Epstein E. 2001. Human Pathogens: Hazards, Controls, and Precautions in Compost. *In*: J. Stoffella. P. y B. Kahn A. (ed.). Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 414 p.
- FAO. 2004. Anuario estadístico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- IFOAM. 2005. Normas de IFOAM para la producción y el procesamiento orgánico. International Federation of Organic Movements. 136 p.
- FAO. 1991. Manejo del suelo producción y uso de composte en ambientes tropicales. Boletín de Suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 p.
- Gies, G. 1992. Regulating compost quality in Ontario. *Biocycle* 60-61 p.
- Henry, C. L. 1991. Review of composting literature. Technical information on the use of organic materials as soil amendments: a literature review. Solid Waste Composting Council, Washington, D. C.
- IFOAM. 2009 The contribution of organic agriculture to climate change adaptation in Africa. International Federation of Organic Agriculture Movements, Agro Eco Louis Bolck Institute, Germany 16 p.
- Labrador Moreno J. 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. 2ª. Ed. Mundiprensa Madrid España 293 p.
- Martínez-Farré X. F. 2006. Gestión y tratamiento de residuos agrícolas. Revista equipamiento y servicios municipales. Publiteca. Universidad de la Rioja España. 48 p.
- Moreno C. J. y Moral H. R. 2008. Compostaje. Mundiprensa, España. 570 p.
- Ordáz Y., I. Jiménez., J. A. Medina., I. Aguirre y A. Cebrián. 1999. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos No. 3. Instituto Nacional de Ecología. México. 203 p.
- Paul E. A. y F. E. Clark. 1996. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press. Estado Unidos. 340 p.
- Rodríguez-Salinas M.A. y A. Córdova y Vázquez. 2006. Manual de Compostaje Municipal. Instituto Nacional de Ecología. México, 102 p.
- SEMARNAT. 2009. El medio ambiente en México en resumen. Semarnat Gob. Federal México 66 pp.
- SIAP. 2008. Cierre de la producción agrícola nacional. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/>, (Consulta: mayo 5, 2010)
- Soliva T. M., M. M. López y P.O. Huerta. 2008. Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. pp. 75-93. *In*: Moreno Casco J. y Moral Herrero R. (ed.). Compostaje. Mundiprensa. España.

- Trápaga, Y. y F. Torres. 1994. El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM, IIES, Fac. Economía, DGPADA, JP. México. 221 p.
- Trinidad Santos A. 1999. Utilización de Estiércoles. Colegio de Posgraduados, SAGARPA, Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección de Apoyos para el Desarrollo Rural. 8 p.
- US EPA. 1999. Biosolids Generation, use and disposal in the United States. United States Environmental Protection Agency. EPA530-R-99-009.
- US EPA. 2006. Municipal solid waste in the United States: 2005 Facts and Figures. US. Environmental Protection Agency. www.epa.gov, (Consulta: mayo 10, 2010)
- USDA. 2005. Programa Nacional Orgánico. Reglamento final. USDA Organic. Estados Unidos 68 p.

Capítulo V

LA FUNCION DE LOS BIOFERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE AVENA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL

The function of the biofertilizantes on the oats productivity under conditions without irrigation

Jesús Pilar Amado Álvarez¹, Mayra Denise Herrera¹, Mario René Ávila Marioni¹, Orlando Ramírez Valle¹, Rodolfo Jacinto Soto¹, José Cruz Jiménez Galindo¹, y Juan Luis Jacobo Cuellar¹.

¹INIFAP-CESICH, Hidalgo No. 1213, Zona Centro, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México CP 31500; Tel y Fax 625 582 3110, amado.jesus@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue el de investigar el efecto de los beneficios con el uso del producto MICORRIZA INIFAP^{MR}, para que los productores de avena, bajo condiciones de temporal en el estado de Chihuahua cuenten con información y material suficiente y puedan incrementar su productividad. Se hizo la Promoción del uso del Producto MICORRIZA-INIFAP^{MR} en el cultivo de Avena bajo condiciones de secano en el estado de Chihuahua. Se desarrollaron talleres sobre el tema, en las siguientes localidades: Campo 79, Municipio de Riva Palacio; Gómez Farias, General Trías y Belisario Domínguez, Chihuahua. Se establecieron cinco parcelas de transferencia de tecnología sobre el uso de MICORRIZA-INIFAP^{MR}, registrando beneficios a favor de este biofertilizante, en las cinco localidades (El Faro, Satevó; General Trías; Bachíniva; Campo 35, Ayuntamiento de Cuauhtémoc y Santa Clara Namiquipa). Se aumentó la producción y productividad del cultivo de avena bajo condiciones temporal en el estado de Chihuahua, utilizando el producto MICORRIZA -INIFAP^{MR}. Con el apoyo de la SAGARPA, FPCH, y la AGI-Granos Básicos; se establecieron 9,280 ha, en predios agrícolas de 480 productores, distribuidos en cuatro municipio, del Estado de Chihuahua, registrando incrementos netos promedio en la producción de grano y forraje del 55%, a favor del uso del producto

Micorriza INIFAP^{MR}, equivalentes a \$ 1,710.00 ha⁻¹, y una derrama económica de \$ 15,882,480.00, durante el ciclo Julio-Diciembre del 2009.

Palabras clave: *hongos de la raíz, agricultura de secano, rendimiento*

SUMMARY

The objective was research the benefice in the use of the product MICORRIZA-INIFAP^{MR}, so that oats producers, under temporary system in Chihuahua State have enough information and material to increase productivity. MICORRIZA-INIFAP^{MR} was promoted in oats crop in Chihuahua State under agriculture dry land system. Were developed workshops of the subject in some localities: Campo 79, Riva Palacio; Gómez Farías, General Trías y Belisario Domínguez Chihuahua. Five technology transference plots about the use of MICORRIZA-INIFAP^{MR} were established, recording profits in favor of this biofertilizer in the five localities (El Faro, General Trías, Bachíniva, Campo 35, y Santa Clara Namiquipa). Production and productivity of oats crop were increased in Chihuahua State using the product MICORRIZA-INIFAP^{MR}. With support of SAGARPA, FPCH, and AGI of basic grains; 9,280 ha were set up on agricultural lands of 480 farmers, distributed on four localities of Chihuahua State, recording average net increases in grain and fodder production of 55%, for the use of MICORRIZA- INIFAP^{MR} product, equivalent to \$ 1710.00 ha⁻¹, and an economic income of \$ 15,882,480.00 during the cycle from July to December 2009.

Key words: *root fungi, agriculture dry land, yield*

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica es descompuesta por la actividad de diferentes especies de bacterias y hongos que liberan los nutrientes del suelo, dejándolos disponibles para que sean nuevamente absorbidos por las plantas. La absorción puede ser directa a través de las raíces o indirecta a través de los microorganismos que forman simbiosis con las raíces. Estos organismos cohabitan con microorganismos patógenos que atacan a las plantas reduciendo su productividad. En consecuencia, la comunidad vegetal se ve sometida a una serie de costos y beneficios que da dinamismo y estructura a los ecosistemas terrestres (Martínez y Pugnaire, 2009).

Las plantas modifican al suelo en el que se instalan desde el punto de vista físico y químico pero también a través de los exudados de la raíz, que son la fuente primaria de energía para las redes tróficas

edáficas. Por su parte, los organismos edáficos tienen efectos que son específicos para distintas especies vegetales y para distintas especies vegetales y para la descomposición y los ciclos de nutrientes (Batten *et al.*, 2008). La existencia de procesos de retroalimentación significa que los cambios que ocurran en uno de los componentes, por ejemplo en la comunidad vegetal que afectará al suelo y así sucesivamente. (Jordán *et al.*, 2008). En general las especies invasoras establecen ciclos positivos con el suelo invadido que contribuyen al establecimiento de poblaciones monoespecíficas denominadas de la especie exótica (Reinhart *et al.*, 2006).

La biota edáfica es también responsable de procesos eco sistémicos fundamentales como la descomposición y mineralización de la materia orgánica y los ciclos biogeoquímicos. Como es obvio, los componentes edáficos bióticos y abióticos interdependientes (Rodríguez *et al.* 2009), y también están íntimamente ligados a la diversidad y estructura de las comunidades vegetales en lo que se conoce como procesos de retroalimentación planta-suelo (De la Peña 2009).

Aguilera *et al.*, (2008), mencionaron que las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas de diversos tipos que se establecen entre ciertos hongos del suelo y las raíces de una planta. De entre estas asociaciones destacan por su ubicuidad las endomicorrizas o micorrizas arbusculares, aparentemente las más comunes en la naturaleza, ya que ocurren en la mayoría de los suelos y en el 90% de las familias de las plantas de la tierra. La importancia de las endomicorrizas ha aumentado en la última década debido a numerosos reportes de efectos benéficos sobre las plantas, que van desde incrementos en la absorción de nutrimentos en el suelo, su influencia sobre las relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos, hasta el importante papel ecológico que estas asociaciones parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales.

Moncayo (2009), comenta que las “micorrizas “son un tipo de asociación natural o simbiosis entre plantas y hongos: En esta asociación el hongo le entrega nutrientes provenientes del suelo a la planta, y ésta le proporciona al hongo los carbohidratos necesarios para su sobrevivencia. Las micorrizas tienen como principal función extender la exploración de las raíces en el suelo, lo cual hace más eficiente el proceso de absorción, especialmente importante en ambientes desfavorables. Se ha descubierto y probado que la superficie de absorción de las raíces colonizadas con micorrizas se incrementa hasta en 1000 veces. Las plantas con hongos en la raíz presentan así una mayor tolerancia ante la sequía, las altas temperaturas, los metales pesados, la salinidad, las toxinas y la acidez del suelo

Huerta *et al.*, (2008). Reporta que dentro de los biofertilizantes se agrupan a aquellos productos que tienen como base microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al aumentar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a

disposición de las plantas una parte importante de las sustancias nutritivas, mediante su actividad biológica. Los biofertilizantes de acción directa, como las Micorrizas habitan parcialmente o de forma total en los tejidos vegetales y por ello su acción se realizan en el vegetal y no en el medio circundante Parker *et al.*, (2006), indican que Los biofertilizantes elaborados con hongos micorriza son productos benéficos que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición. Están presentes en todos suelos agrícolas y su asociación con las plantas es benéfica tanto para la planta como para la micorriza debido al intercambio de sustancias nutritivas

Aguirre *et al.*, (2009). Afirma que la micorriza permite a la planta incrementar la exploración de la raíz con un aumento en la absorción y transporte de nutrientes como fósforo, nitrógeno, cobre, zinc y agua del suelo, proporcionándole mayores ventajas para su desarrollo y productividad. Estos biofertilizantes no contaminan ni causan daño al suelo, ni a la planta, ni al hombre. Incrementan el rendimiento de los cultivos a un bajo costo y permiten además complementar el uso de los fertilizantes químicos principalmente los nitrogenados y fosfatados. Su facilidad de transportación y bajo costo permite su utilización en grandes superficies. Pruebas de validación realizadas por el INIFAP han mostrado las bondades del uso de micorriza en la agricultura con incrementos de rendimiento en Maíz (11.5 %), Sorgo (10.8 %), Cebada (20.7 %) y frijol (22.1 %).

Objetivos

El objetivo de este proyecto fue investigar el efecto combinado del uso de la MICORRIZA INIFAP^{MR}, más la fertilización química, sobre la productividad del cultivo de avena bajo condiciones de temporal en el estado de Chihuahua a fin de registrar la información y material suficiente para incrementar su producción, productividad, ingresos netos y contribuir al combate de la pobreza rural con acciones de fomento productivo.

MATERIALES Y METODOS

Características del área de estudio

En los trabajos de campo se consideró parte de la Baja Babícora, General Trías y Satevó, la localización de las cinco parcelas establecidas, se muestran en la Figura 1. La altura del terreno fluctuó desde los 1473 msnm, en Satevó, hasta los 1951 msnm en el Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua. La textura del suelo en general se clasificó como Franco, Libres de sales, altos contenidos de Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc, Manganeso y deficientes en Nitrógeno, Calcio y Cobre de pH Ligeramente ácidos. La pendiente de los terrenos estudiados varió desde 0.06%, hasta 1.64 %.

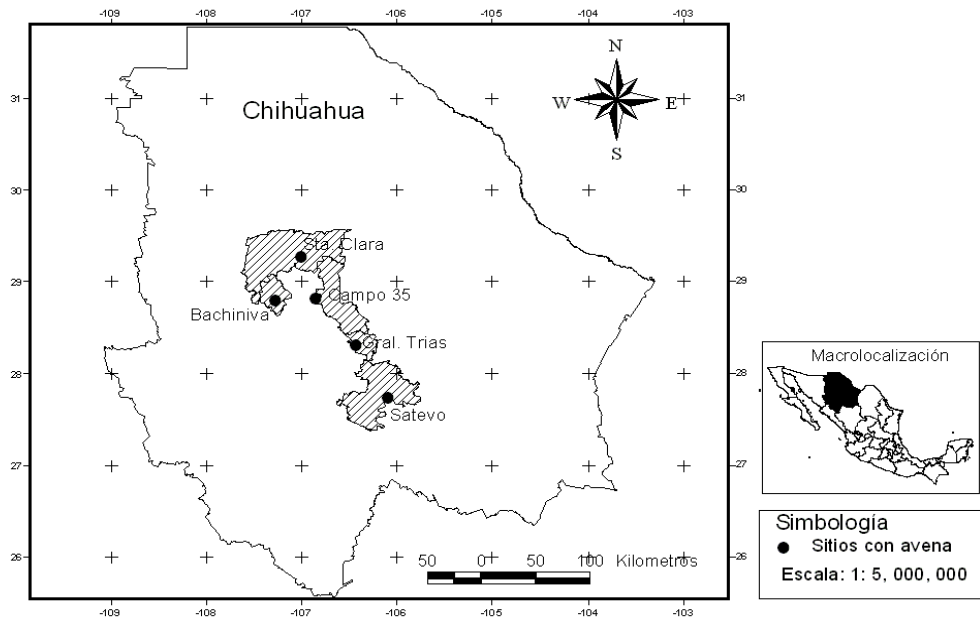


Figura 1. Distribución de los sitios de estudio de Micorriza – INIFAP^{MR}, sobre la productividad de avena bajo condiciones de temporal.

Concentración de Microorganismos en el Biofertilizante Micorriza- INIFAP^{MR}.

El laboratorio de Microbiología del CIAD-Cuauhtémoc, reportó los valores que se muestran en el Cuadro1, respecto a la concentración de la Micorriza-INIFAP^{MR}. La metodología utilizada en el procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico, fue de acuerdo a la norma: NOM-109-SSA1-(1994). La Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico consideró la norma: NOM-110-SSA1-1(994). En

la cuenta total de Microorganismos la norma: NOM-092-SSA1-(1994); para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos: NOM-111-SSA-1 (1994).

Cuadro1. Esporas por g (*Glomus intradices*) y % de viabilidad en muestras del producto Micorriza-INIFAP^{MR}. CESICH-2009.

MICROORGANISMOS	Glomus intraradices (esporas g ⁻¹)	% de Viabilidad
Repetición I	30,000	53
Repetición II	18,000	66
Repetición III	26,000	69
Repetición IV	40,000	25

Del 10 al 12 de agosto del 2009, se sembró la Avena usando la variedad Bachíniva, por su buen comportamiento en la región, con una densidad de 100 kg ha⁻¹. Antes se muestreo el suelo a una profundidad de 0-30 cm, para determinar NO₃, Nitrógeno total, (Bremner y Mulvaney, 1982), pH, (Goijberg y Aguilar, 1987) Textura, Materia Orgánica (Leon y Aguilar, 1987), Conductividad Eléctrica, Iones solubles, (Chavira y Castellanos, 1987. También se registro la precipitación pluvial.

Los trabajos de campo se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos: 1) Testigo 0-0-0 (N-P₂O₅-K₂O), 2) 0-0-0 (N-P₂O₅-K₂O) + Micorriza INIFAP^{MR} 3) 0-0-0 (N-P₂O₅-K₂O), + Azospirillum, 4) 0-0-0 (N-P₂O₅-K₂O) + Micorriza INIFAP^{MR}+ Azospirillum, 5) 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O), 6) 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O)+ Micorriza INIFAP^{MR} 7) 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) + Azospirillum, 8) 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O)+ Micorriza INIFAP^{MR}+ Azospirillum y cinco repeticiones; cada parcela constó de 6 m de ancho por 100 m de largo utilizando como parcela útil, cinco muestra de 1 m² cada una tomadas al azar. En base a estudios desarrollados en la región (Amado y Ortíz, 2003) la aplicación de biofertilizantes se hizo en dosis de 2.0 kg ha⁻¹.

Se consignó rendimiento de forraje verde por hectárea, rendimiento de forraje seco por hectárea, porcentaje de materia seca y altura de plantas. Además la altura, diámetro de tallos, numero de tallos, longitud de raíz, peso de raíz, a través de las principales estaciones fenológicas (amacolle, floración y madurez fisiológica). La cosecha se realizó en estado lechoso masoso del grano. Las variables evaluadas fueron analizadas estadísticamente bajo el diseño completamente al azar, utilizando la metodología de paquete estadístico (SAS 2001).

Se presentaron problemas con malezas, mostacilla, jube y quelite, se controló utilizando el herbicida comercial (2-4-D-Amina N° 4 a dosis de 2 L ha⁻¹, usando una máquina portátil con capacidad de 20 L,

después de su calibración, se aplicaron 150 ml del producto citado por 20 L de agua). No hubo problemas con plagas.

El análisis económico se hizo de acuerdo a la metodología propuesta por Monke y Pearson (1991). En función de la Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Otra parte importante del proyecto fue el desarrollo de cursos y talleres de capacitación a productores de avena, técnico y público en general, para lo cual se tomo de base la información del INIFAP, a nivel nacional, y los trabajos de investigación que sobre el tema desarrollados por (Amado y Ortiz, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSION

Sitio 1. Ejido Plutarco Elías Calles, (El Faro) Municipio de Satevo, Chihuahua.

Rendimiento de avena (materia seca total).

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) indican que la mayor producción se registró con el uso de fertilizantes químicos en general. Estadísticamente resulto lo mismo aplicar Micorriza INIFAP^{MR}, que Azospirillum, la combinación de Azospirillum, más Micorriza, o solo fertilizante químico. Dentro de los valores más altos (6,107 kg ha⁻¹), se cuantificó con el tratamiento donde se utilizó fertilizante químico, más Micorriza, registrándose estadísticamente iguales entre sí; seguido por el método fertilizante químico, más Azospirillum, con 6350 kg ha⁻¹, posteriormente el tratamiento de Fertilizantes químicos mas Micorriza, más Azospirillum, con índices de redituabilidad de 2.01, 1.91, y 1.81 para los mismos sistemas, respectivamente, sin embargo cuando no se utilizaron fertilizantes químicos, las plantas de avena tratadas con el producto Micorriza INIFAP^{MR}, superaron a la bacteria Azospirillum y a la mezcla de ambos con índices de redituabilidad de 2.04, 1.59 y 1.5 respectivamente.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca total (kg ha⁻¹), utilizando biofertilizantes en el Ejido Plutarco Elías Calles, Municipio de Satevo, Chihuahua. Ciclo 2009.

Tratamiento		I	II	V		Media
1.- 0-0-0 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	168	318	115	043	497	3228 D
2.- MICORRIZA -INIFAP	168	318	115	043	497	4830 BC
3.- AZOSPIRILLUM	253	495	158	975	310	3240 D
4.-MICORRIZA-INIFAP +AZOSPIRILLUM	698	301	102	861	716	3260 D
5.-60-40-0 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	328	245	968	232	983	5751 AB
6.-60-40-0 + MICORRIZA -INIFAP	207	874	098	399	955	6107 A
7.-60-40-0 + AZOSPIRILLUM	931	699	812	217	069	6350 A
8.-60-40-0 + MICORRIZA +AZOSPIRILLUM	132	552	112	048	517	6072 AB

F_{0.05} = 6.3408 ** P> F = 0.00001 DMS_{0.05} = 1485.2 C. V. = 12.61 %

Ortíz *et al.* (2000), consignan que en cuanto a la fertilización y su interacción con genotipos , se evidenciaron respuestas distintas en función de la humedad disponible, y en términos generales el tratamiento 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) en condiciones de buena disponibilidad de agua (429-468 mm) con 7,673 kg ha⁻¹; en condiciones de humedad limitada (179 mm) el mejor tratamiento fue 30-40-00 y 5,875 kg ha⁻¹.

Registro de la lluvia.

La cantidad de agua de lluvia registrada durante el ciclo de cultivo fue de fue de 242 mm, distribuidos de la siguiente manera: 107 mm en el mes de Agosto, 125 mm en Septiembre y 10 mm en el mes de Octubre (Figura 2), lo cual equivale a un 76 % de los requerimientos hídricos de la avena. Esta es una de las razones principales que explican por que los rendimientos no fueron más altos.

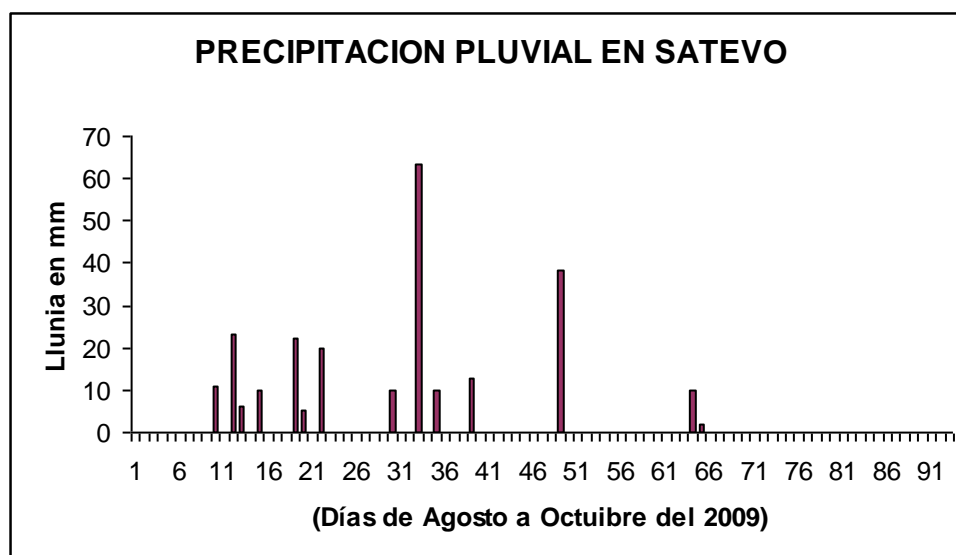


Figura 2. Registro de lluvia en el Ejido Plutarco Elías Calles, Municipio de Satevó, Chihuahua, Ciclo 2009.

Charlon *et al.* (2007), evaluaron el efecto del tipo y tiempo de aplicación de los residuos orgánicos sobre el rendimiento de avena, comparándolo al mismo tiempo con la utilización de un fertilizante inorgánico. Los resultados reportados indicaron que hubo incrementos en la producción de materia verde, producción de materia seca de todos los tratamientos. La dosis de 70 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fuente estiércol bovino, provocó una mayor producción de Materia Verde y Materia Seca, cuando se aplicó el día previo a la siembra.

Numero de tallos en plantas de avena.

En forma general se muestra en la Figura 3, que el uso de fertilizantes químicos más el producto Micorriza- INIFAP^{MR} fue donde se reportó el mayor valor (47 tallos planta⁻¹), en la etapa fenológica de amacolle en Avena. Una de las principales explicaciones es que el suelo contenía concentraciones que lo ubican con excesos de Fósforo (34.1 mg kg⁻¹) y de Potasio (660 mg kg⁻¹). De acuerdo con Yao *et al.* (2008), los hongos Micorrízicos arbusculares promueven efectos positivos en los diferentes cultivos lo cual es atribuido a la exploración de mayor volumen de suelo y captura de nutrientes como el Fósforo. Dodd *et al.*, (1990), comentan que una alternativa de manejo para mejorar el estado nutricional de los suelos es el uso de mecanismos biológicos que permitan restituir su fertilidad, sin perturbar y/o empeorar su condición, entre los que cita las asociaciones simbióticas como las micorrizas arbusculares especializadas en la captación de fósforo de la solución del suelo.

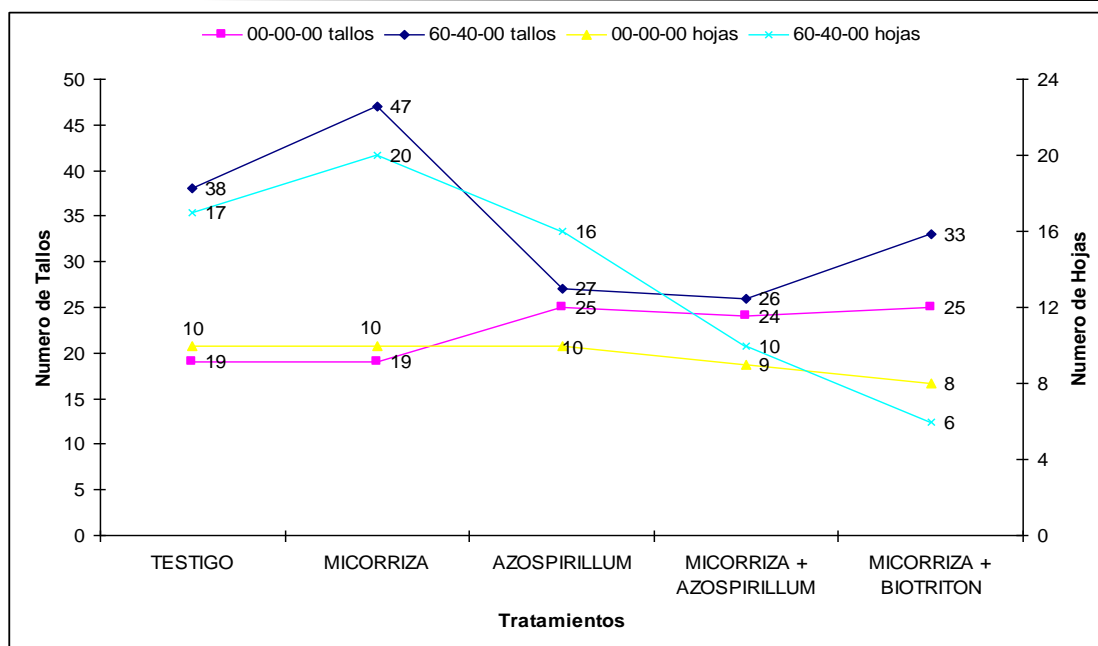


Figura 3. Número de tallos y hojas en las plantas de avena en la etapa “Amacolle”. Satevó, Chihuahua, Ciclo 2009.

Numero de hojas en plantas de avena.

Analizando la variable del número de hojas por planta, con la aplicación de fertilizantes y biofertilizantes, como se muestra en la Figura 3, se puede decir que la combinación de la aplicación de fertilizantes químicos más el producto Micorriza INIFAP^{MR}, se cuantificaron hasta 20 hojas por planta, lo que supera por amplio margen a los valores consignados con el resto de los tratamientos evaluados. De acuerdo con (Barea *et al.* 2001), numerosos estudios han descrito que la inoculación micorrízica produce beneficios en los cultivos tales como estimulación del enraizamiento y crecimiento de las plantas, mejora de la supervivencia, resistencia de las plantas al ataque de patógenos que afectan la raíz, aumenta la tolerancia por estrés abióticos, precocidad en la floración y fructificación. Sobre el mismo tema, Sieverding, (1991), indicó que la colonización radical por micorriza arbuscular puede producirse a partir de los siguientes propágulos infectivos: esporas y micelio de los hongos Glomales; raicillas de las plantas colonizadas por micorrizas presentes en el suelo.

Longitud de raíces en plantas de avena

En la Figura 4, se puede apreciar que el crecimiento radical de las plantas de avena fue muy escaso en general; en la etapa amacolle no rebasó los 5 cm de longitud y los 10 cm para la época de madurez fisiológica, sin embargo numéricamente el crecimiento de la raíz a favor del uso de las Micorriza

INIFAP^{MR}, en ambos casos, en la primera etapa sobresalen las plantas tratadas con biofertilizantes, superando en todos los casos a las plantas tratadas con fertilizantes químicos, estos resultados coinciden con lo expuesto en la literatura mundial, Xia *et. al.*, (2007), ya que al no tener nutrientes disponibles al alcance, las raíces comienzan a crecer y explorar mayor volumen del suelo.

La respuesta en este sentido es similar, cuando las plantas alcanzan la madurez fisiológica, sobresaliendo por su crecimiento las tratadas con biofertilizantes en comparación con las que se les aplicaron productos nitrogenados y fosfatados a base de materiales químicos. El fraccionamiento de Fósforo en el suelo estudiado indicó altos valores de este elemento presente en el suelo, lo cual minimiza la acción de los hongos micorrizicos ya que estos potencian su colonización ante bajos niveles de este nutriente en el suelo (Barea *et. al.*, 1983).

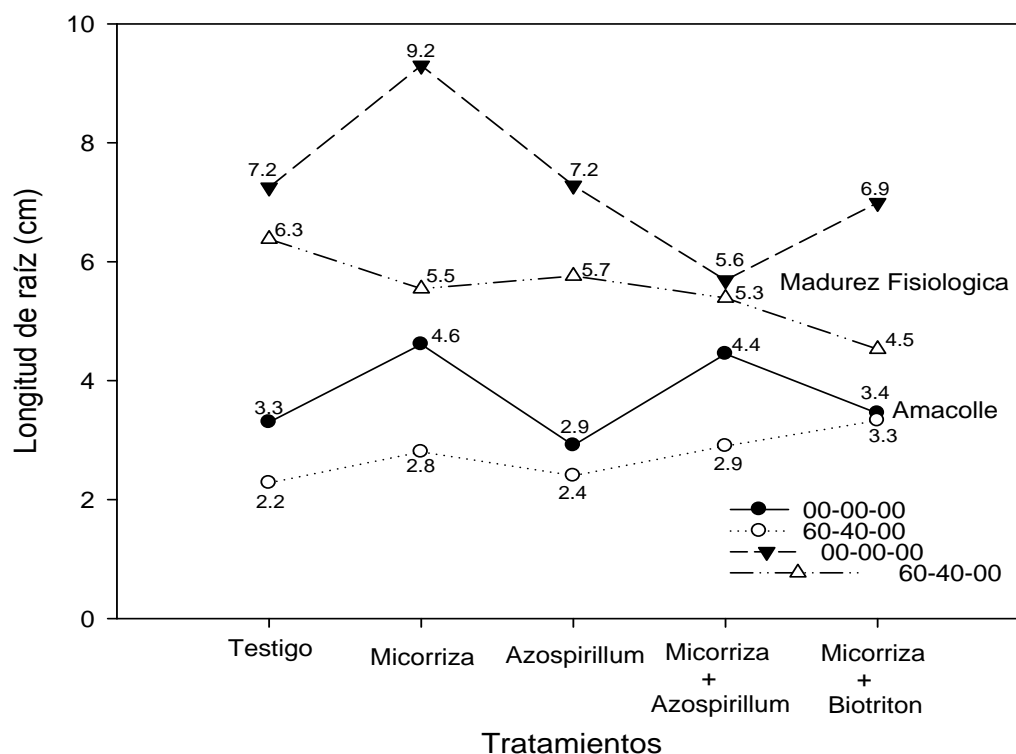


Figura 4. Longitud de la raíz en las plantas de avena al “Amacolle”. Satevó, Chih., 2009.

La extensión de las hifas extraradicales de la micorriza ocasionan un incremento del área de absorción y la exploración de un volumen mayor de suelo que el que normalmente podría alcanzar el crecimiento de la raíz por sí sola (Bonfante *et al.* 2004). Se hace hincapié en que la nutrición biológica de la planta es una forma eficiente de la alimentación vegetal, ya que permite el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico, además de aprovechar de manera más intensiva los nutrientes disponibles en el suelo,

estimulando el desarrollo del sistema radicular (Figura 4) y permiten mayor solubilidad y conductividad de nutrientes, se traduce también en un mayor aprovechamiento de la humedad del suelo y, por lo tanto, en el uso más racional del agua. Se hace referencia a la fijación de nitrógeno realizado por la avena inoculada, si bien el *Azospirillum* tiene la capacidad de fijar biológicamente nitrógeno, las cantidades son exiguas, la diferencia en los porcentajes, se deben a un mayor desarrollo radical, el cual permite absorber más agua y nutrientes y a la mayor masa aérea, que capta mayor cantidad de radiación solar, potenciando el desarrollo vegetal. Las formaciones micorrízicas están influenciadas por la humedad del suelo y la aireación. Se presume que el crecimiento micelar decrece a una baja concentración de oxígeno, debido a que todos estos hongos micorrízicos son aeróbicos (Botella *et. al.*, 2002).

SITIO 2. GENERAL TIRAS, CHIHUAHUA.

Rendimiento de avena (materia seca total)

Los rendimientos consignados en esta localidad con el uso del Micorriza INIFAP^{MR}, fueron 1,683 y 4,263 kg ha⁻¹, para las franjas donde no se fertilizó químicamente y con nutrientes a base de Urea y Fosfato Diamónico, respectivamente, los cuales estadísticamente son diferentes entre sí (Cuadro 3). Respecto al índice de redituabilidad (1.13), registrado fue igual a donde se aplicó *azospirillum*, pero mayor que el testigo 0-0-0 (0.91) y con la mezcla de ambos fertilizantes (0.94).

En la localidad de General Trías, donde los suelos son muy pobres, además de la baja cantidad de lluvia que (160 mm, equivalentes al 50% de los requerimientos hídricos) durante el verano del 2009, afectaron significativamente la producción de avena.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca total (kg ha⁻¹), utilizando biofertilizantes en General Trías, Chihuahua. Ciclo 2009.

Tratamiento		I	II	V		Media
1.- 0-0-0	258	161	221	271	226	1227 G
2.- MICORRIZA -INIFAP	889	492	815	442	780	1683 F
3.- AZOSPIRILLUM	796	894	975	892	914	1894 E
4.-MICORRIZA-INIFAP +AZOSPIRILLUM	745	661	628	801	623	1692 F
5.-60-40-0	951	746	068	758	792	2863 C
6.-60-40-0 + MICORRIZA -INIFAP	464	236	974	286	358	4263 B
7.-60-40-0 + AZOSPIRILLUM	382	378	648	529	579	4503 A
8.-60-40-0 + MICORRIZA +AZOSPIRILLUM	219	091	210	285	181	2197 D

F_{0.05} = 486.05 ** P> F = 0.00001 DMS_{0.05} = 142.7963 C. V. = 4.55 %

Este panorama es común ya que la región se caracteriza por ser de bajo potencial productivo y con alto riesgo de siniestro, con lo cual argumentamos que es conveniente impulsar el uso del Micorriza INIFAP^{MR}, por las ventajas, que se irán obteniendo a medida que se vayan utilizando los biofertilizantes. Sobre el tema (Rilling y Steinberg, 2002), reportan que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizosféricos cosmopolitas. Estos están ecológicamente adaptados y pueden ser sujetos de manipulación para la producción de inoculante, con el objetivo de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, particularmente en condiciones adversas para los cultivos.

Numero de tallos en plantas de avena

Los parametros de crecimiento consignados en esta localidad muestran la misma tendencia que en el resto de los sitios estudiados; en la Figura 5 se puede apreciar que el uso combinado de biofertilizantes con los fertilizantes químicos, favorece la formación de tallos lo que más tarde se vió reflejado en mayor cantidad de materia seca total.

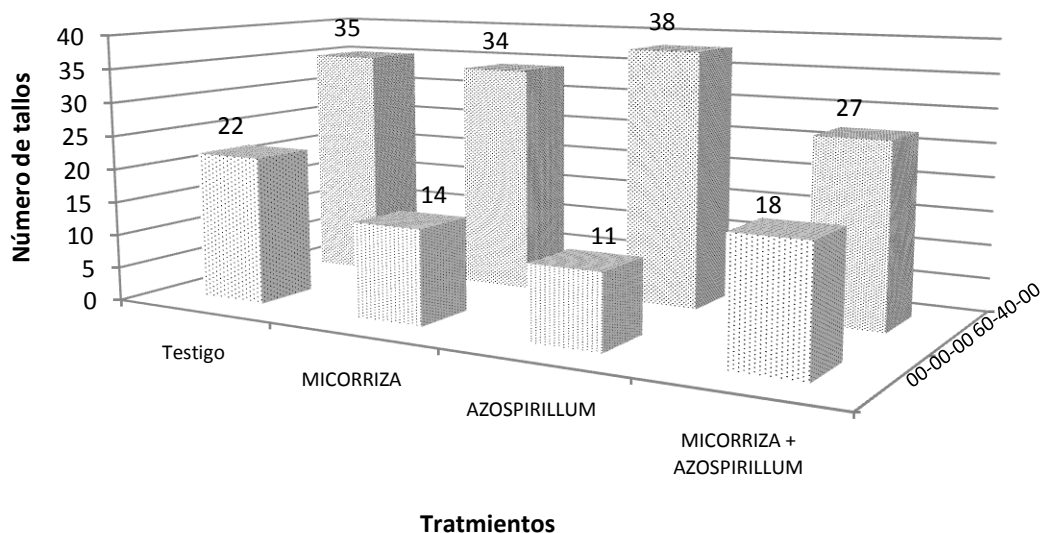


Figura 5. Numero de tallos en las plantas de avena al amacolle. General Trias, Chih.2009.

Schuldt, *et al.* (2007), En la última década se han ampliado significativamente las alternativas para el manejo de vermicultivos, lo cual se relaciona con avances de la investigación en torno a parámetros reprobológicos de Eiseniafetida y E. andrei, las especies más utilizadas en lombricultivos de todos el mundo.

Numero de hojas en plantas de avena

La formación de hojas en las plantas de avena tratadas con biofertilizantes más fertilizantes químicos mostro resultados similares (de10 a 11 hojas por planta), en esta ocassión superadas por las avenas tratadas con fertilizantes químicos (15 hojas por planta), como se puede apreciar en la Figura 6. Sobre el tema Elmaz *et al.*, (2004), comentan que el uso de abonos minerales es medioambientalita más respetuoso si lo comparamos con la agricultura convencional, consume menos energías no renovable y reduce la emisión de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, dióxido de N metano fundamentalmente) además incrementa la actividad biológica del suelo.

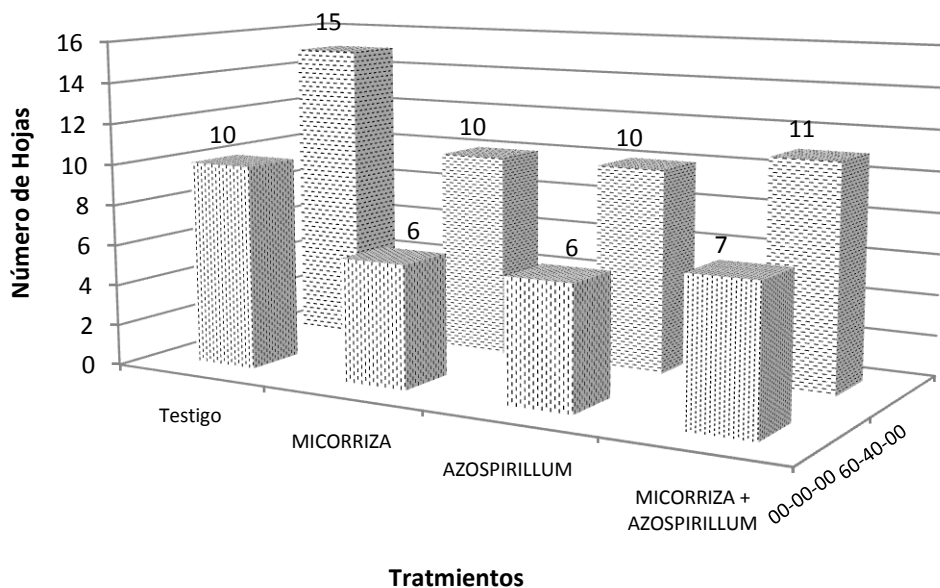


Figura 6. Numero de hojas en las plantas de avena al inicio del amacolle. General Trias, Chihuahua, Ciclo 2009.

Sitio 3. Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua.

Este sitio, se caracterizó por tener una de las mayores proporciones de Limo (38.72 %), lo cual facilitó el crecimiento radicular, registrando valor hasta de 24.5 cm de longitud en las plantas tratadas con el producto Micorriza INIFAP^{MR}, sin fertilizante químico, mientras que las plantas de avena tratadas con Micorriza INIFAP^{MR} más fertilizante químico en la etapa fenológica correspondiente a la floración (29 de Septiembre del 2009), la longitud promedio de las raíces se consignó en 11.4 cm, lo cual confirma lo citado por (Klironomos,2003).

Respecto al rendimiento total de materia seca, se registró que el mejor rendimiento (5,531 kg ha⁻¹) fue para las plantas tratadas con fertilizantes químicos más Azospirillum (Figura 7) las cuales resultaron además estadísticamente diferentes del resto de los tratamientos.

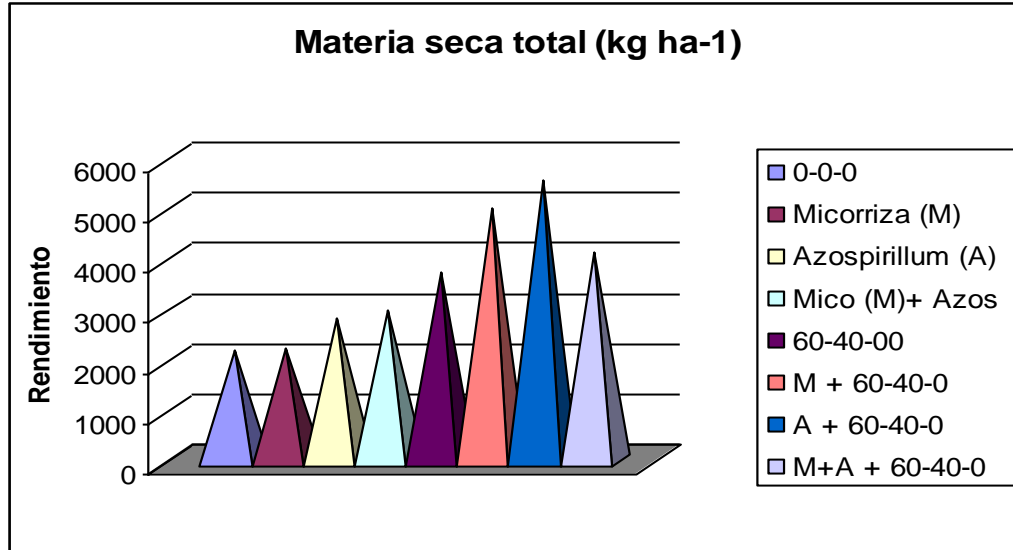


Figura 7. Rendimiento de materia seca total (kg ha⁻¹), utilizando biofertilizantes en el Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua. Ciclo 2009

La mayor respuesta de las plantas los hongos micorrízicos arbusculares se presenta en suelos con limitaciones nutrimentales, en tanto que el mayor aprovechamiento y captación de elementos por estos hongos depende de factores inherentes a la planta y del suelo. En la simbiosis se forma una extensa red de hifas capaces de explorar mayor volumen de suelo y sitios donde la raíz es incapaz de llegar (Klironomos, 2003).

La lluvia total fue de 228.6 mm (71 % de los requerimientos hídricos de la avena), su distribución total se muestra en la Figura 8, donde se puede apreciar que los eventos fueron bien espaciados, a través del ciclo de la avena, la mayor acumulación se presentó cuando las plantas entraban a la etapa de amacolle (26 días después de la siembra); posteriormente hubo una buena distribución hasta la floración (54 días después de la siembra), luego se presentó un fuerte evento (12 de octubre) superior a los 40 mm de lluvia lo que facilitó llegar con buen porte a la etapa de madurez fisiológica.

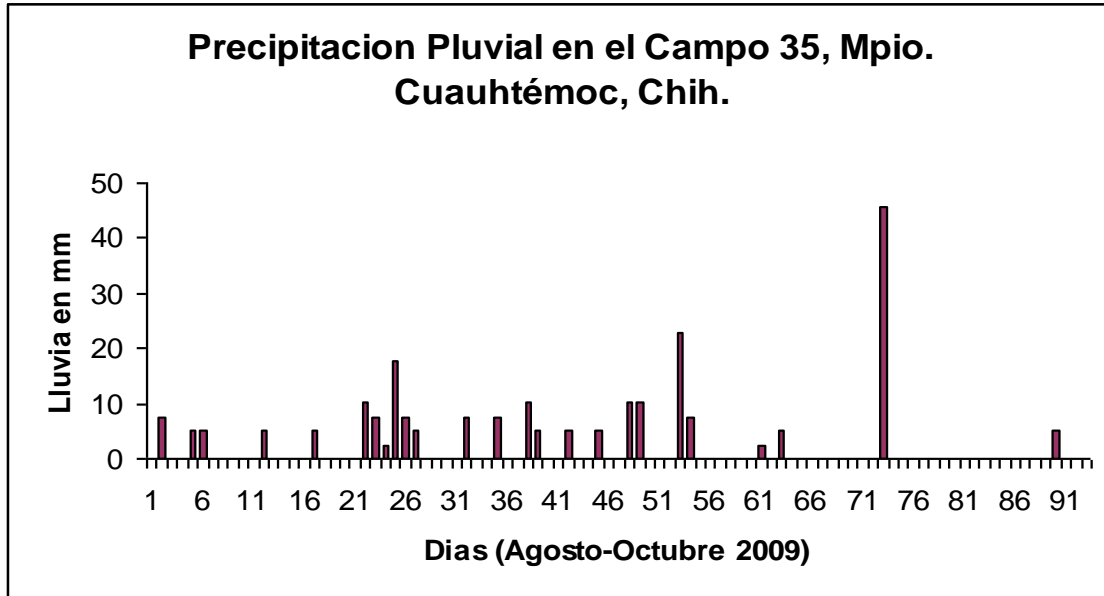


Figura 8. Registro de lluvia en el Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, Ciclo 2009.

Coilin et al (2007), reportaron que en la Región lagunera el uso de cebada para producción de forraje es poco usual, a pesar de las bondades que representan. La causa más común es la ausencia de variedades diseñadas para la producción de forraje, y el desconocimiento de su valor nutritivo al momento de cosechar. Al respecto se ha reportado la etapa de grano masoso suave como la que maximiza producción y calidad de cebada y avena, con cebada mostrando rendimientos de 4.9 t ha⁻¹ de materia seca, 8.1 % de proteína cruda, 48.1 y 32.8 % de fibras detergente neutro y ácido, respectivamente.

Sitio 4. CESICH, Bachiniva, Chihuahua.

La mayor producción de materia seca total (5,720 kg ha⁻¹), como se muestra en el Cuadro 4, correspondiente al tratamiento de fertilizantes químicos, más el producto Micorriza INIFAP^{MR}, el cual resultó ser estadísticamente superior al resto de los tratamientos evaluados y con un índice de redituabilidad de 1.8. Es por esto que la vinculación entre la industria y los expertos de la simbiosis micorrízica tiene particular relevancia con el propósito de coadyuvar en el mejoramiento de sistemas de producción de inoculante, así como en el control de la calidad de los mismos.

El beneficio que aporta la simbiosis micorrízica arbuscular en plantas ha sido bien documentado, dando especial énfasis en lo que respecta a la promoción del crecimiento y nutrición de las plantas (Jeffries et al., 2003). La inoculación del hongo micorrizico arbuscular, ha contribuido a la adaptación y crecimiento de plantas en condiciones ambientales extremas como son los sitios erosionados, con baja

fertilidad, con problemas de salinidad, y en zonas áridas o con problemas de contaminación por diversos agentes orgánicos e inorgánicos (Heinzeman y Weritz, 1990).

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca total (Kg ha⁻¹), utilizando biofertilizantes en Bachíniva, Chihuahua. Ciclo 2009.

Tratamiento		I	II	V		Media
1.- 0-0-0	157	545	850	809	590	3590 G
2.- MICORRIZA -INIFAP	823	415	291	934	209	4534 E
3.- AZOSPIRILLUM	855	188	222	411	220	4379 F
4.-MICORRIZA-INIFAP +AZOSPIRILLUM	171	557	559	160	146	4719 D
5.-60-40-0	706	043	590	199	644	5036 C
6.-60-40-0 + MICORRIZA -INIFAP	312	726	062	344	187	5720 A
7.-60-40-0 + AZOSPIRILLUM	809	153	767	165	413	5288 B
8.-60-40-0 + MICORRIZA +AZOSPIRILLUM	856	329	372	612	303	5294 B

$$F_{0.05} = 2.97875 \quad ** P > F = 0.016 \quad DMS_{0.05} = 82.0630 \quad CV = 12.92 \%$$

El factor principal fue la precipitación pluvial (268.7 mm, equivalentes al 84 % de los requerimientos hídricos), su distribución total se muestra en la Figura 9, dentro de las consideraciones sobre la distribución del agua de lluvia, se puede apreciar que los eventos fueron en promedio de los 10 mm, sobresaliendo una lluvia mas fuerte (43 mm) el 22 de agosto fecha muy cercana a la etapa fenológica de formación de hijos (también conocida como amacolle), posteriormente entre los 40 y 50 días de establecido el cultivo de avena (plena floración y llenado de fruto) se presentaron dos eventos con cantidades superiores a los 20 mm, lo cual favoreció significativamente a la producción y productividad de avena.

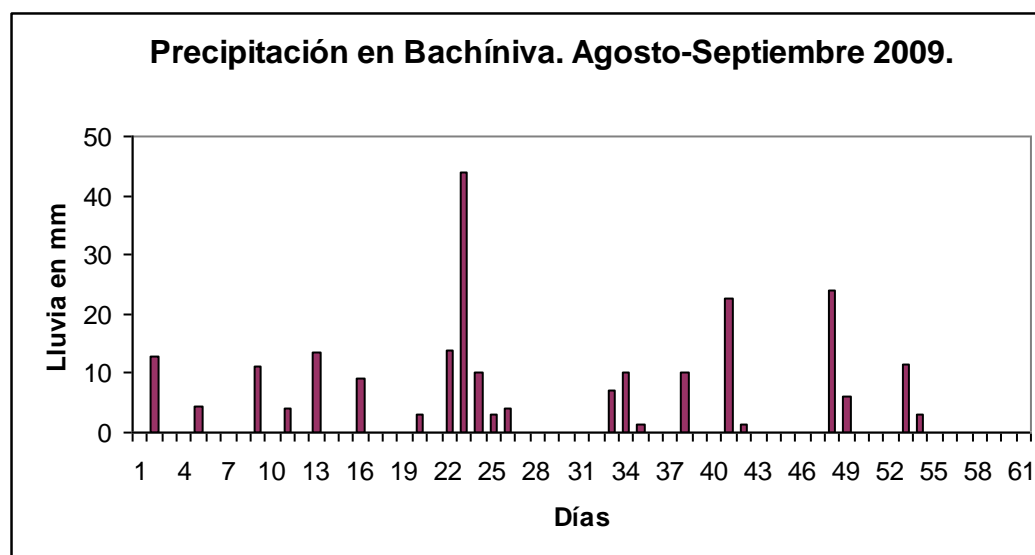


Figura 9. Registro de lluvia en el CESICH, Bachíniva, Chihuahua, Ciclo 2009.

El alto rendimiento de las plantas (considerando materia seca total grano más forraje), se debió también a las buenas condiciones del terreno el cual además de estar descansado se reportó que la concentración de nutrientes es de la siguiente manera: La textura del suelo se clasificó como Franco - Arcilloso, libres de sales, altos contenidos de materia orgánica (2.01 %) (León y Aguilar, 1987), Nitrógeno (151.5 kg ha^{-1}), (Bremner y Mulvaney, 1982), Fósforo (101.1 mg kg^{-1}), Potasio (376 mg kg^{-1}), Magnesio (187 mg kg^{-1}), Hierro (52.0 mg kg^{-1}), Libre de carbonatos de Calcio (0%); medianamente bajo en concentraciones Zinc (4.25 mg kg^{-1}), Manganeso (73.83 mg kg^{-1}), Calcio ($1,230 \text{ mg kg}^{-1}$), Cu ($2.17187 \text{ mg kg}^{-1}$), Na (130 mg kg^{-1}), (Chavira y Castellanos, 1987) y de pH ligeramente ácidos (5.32), (Goijberg y Aguilar, 1987). La Capacidad de Intercambio Catiónico fue de $34.44 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo.

Dodd *et al.*, 1990, comenta que una alternativa de manejo para mejorar el estado nutrimental de los suelos es el uso de mecanismos biológicos que permitan restituir su fertilidad, sin perturbar y/o empeorar su condición, entre los que cita las asociaciones simbióticas como las micorrizas arbusculares especializadas en la captación de fósforo de la solución del suelo.

Numero de tallos en plantas de avena

El beneficio de tratar las plantas de avena con biofertilizantes se comenzó a observar en la etapa fenológica de Amacolle, donde de acuerdo con Ramírez y Ávila (1996) se han acumulado 316 unidades calor. Como se puede apreciar en la Figura 10, el tratamiento donde se aplicó Micorriza

INIFAP^{MR} más fertilizantes químicos, superó en un 48%, a las plantas de avena con el mismo producto pero sin los nutrientes de Nitrógeno y Fósforo, en forma de Urea y Fosfato diamónico.

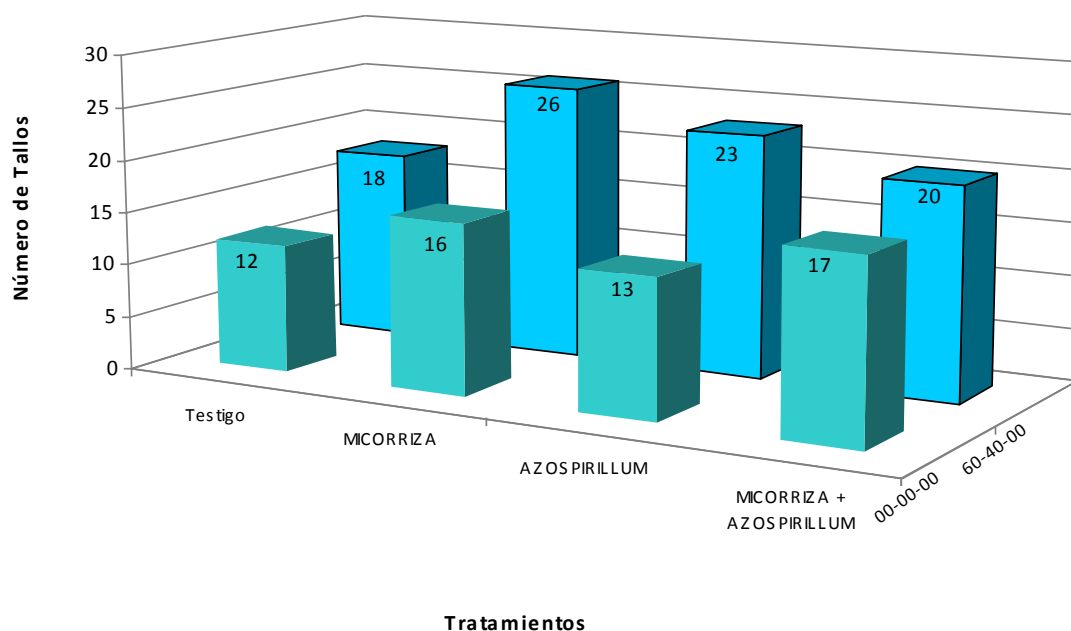


Figura 10. Numero de tallos en las plantas de avena al amacolle. Bachiniva, Chih.2009.

Sobre el Tema Bonfante *et al*, (2004). Comentan que la extensión de las hifas extraradicales de la micorriza más allá de esta zona de agotamiento, ocasiona por un lado un incremento del área de absorción y por otro, la exploración de un volumen mayor de suelo que el que normalmente podría alcanzar el crecimiento de la raíz por sí sola. Es claro además que el sistema radical de las plantas responde a condiciones localizadas del suelo y frecuentemente muestra incremento en la proliferación de raicillas en zonas ricas en nutrimentos.

Número de hojas por plantas de avena

La respuesta de esta variable mostró resultados similares a la descrita anteriormente, ahora se cuantificó un incremento del 34% (Figura 11), con el método donde se aplicó Micorriza INIFAP^{MR} más fertilizantes químicos. Otros autores como Alarcón y Ferrera, (2001), reportaron que en gran medida, el interés que ha despertado la asociación micorrízica arbuscular se debe a su ubicuidad entre las familias de plantas vasculares, su aparente inespecificidad al colonizarlas y a numerosos reportes

de su influencia en el crecimiento de las plantas mediante el incremento de la incorporación de nutrimentos.

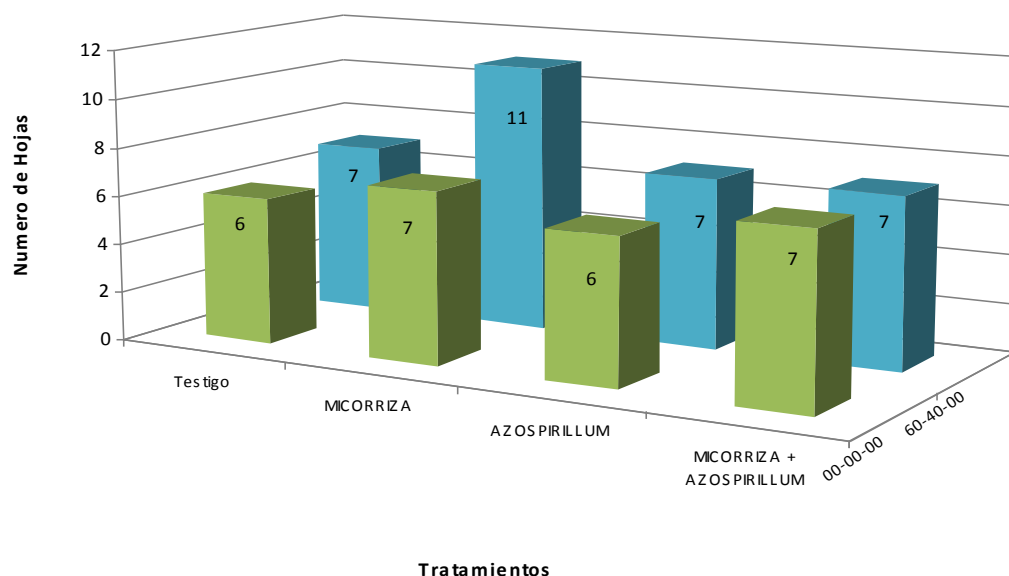


Figura 1 . Numero de hojas en las plantas de avena al inicio del amacolle. CESICH-INIFAP, BACHINIVA Chihuahua, Ciclo 2009.

Altura de las plantas de avena

La respuesta de la avena con la aplicación de biofertilizantes, se empieza a notar en la etapa fenológica de Amacolle, la respuesta de avena es básicamente la misma, (25.4 y 25.5 cm) de altura, donde se aplicaron y no los fertilizantes químicos (Figura 12). Cuando se presentó la floración de la avena, el tamaño de las plantas fue significativamente mayor (64.1 cm vs. 44.8 cm), a favor del uso de Micorrizas más fertilizantes nitrogenados y fosforados con base a fertilizantes químicos. Posteriormente al alcanzar la avena la madurez fisiológica, se mantuvo la misma relación (90.5 vs 74.1 cm).

La influencia que el suelo tiene en el establecimiento y crecimiento de distintas especies vegetales se debe tanto a sus propiedades abióticas, físicas y químicas, como a la biota edáfica residente. Esta incluye bacterias, hongos e invertebrados que son mutualistas, herbívoros o patógenos vegetales y por tanto determinan en gran medida el éxito colonizador distintas especies vegetales (Domínguez *et al.* 2009).

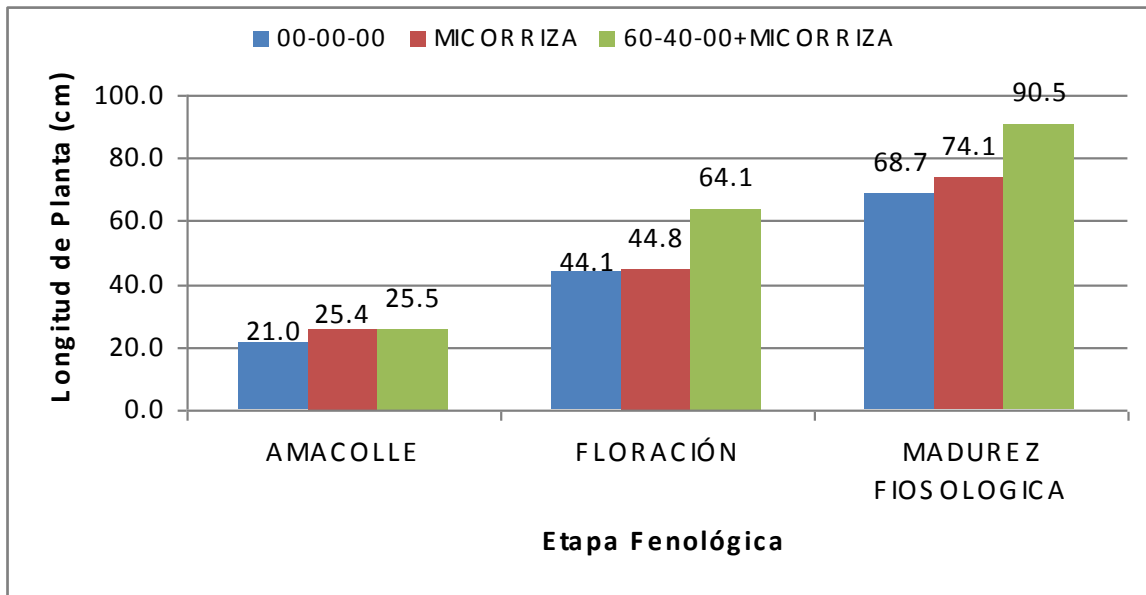


Figura. 12. Altura de plantas por etapas fenológicas, usando fertilizantes químicos y biológicos

Longitud de la raíz en plantas de avena

El crecimiento de raíces para explorar un mayor volumen de suelo y obtener mayor cantidad de nutrimentos ha sido bien documentado, lo cual también pudo ser confirmado en el presente trabajo como se puede apreciar en la Figura 13. En todos los casos se registraron valores superiores en las plantas inoculadas, con biofertilizantes, respecto a las tratadas con fertilizantes químicos; esto se explica porque la avena tratada con nutrientes de procedencia química no se esfuerza para nutrirse ya que los tiene donde se localizan las raíces adsorventes de la solución del suelo. Sobre el tema (Sieverding, 1991), reporta que la colonización radical por micorriza arbuscular puede producirse a partir de los siguientes propágulos infectivos: esporas y micelio de los hongos Glomales; raicillas de las plantas colonizadas por micorrizas presentes en el suelo.

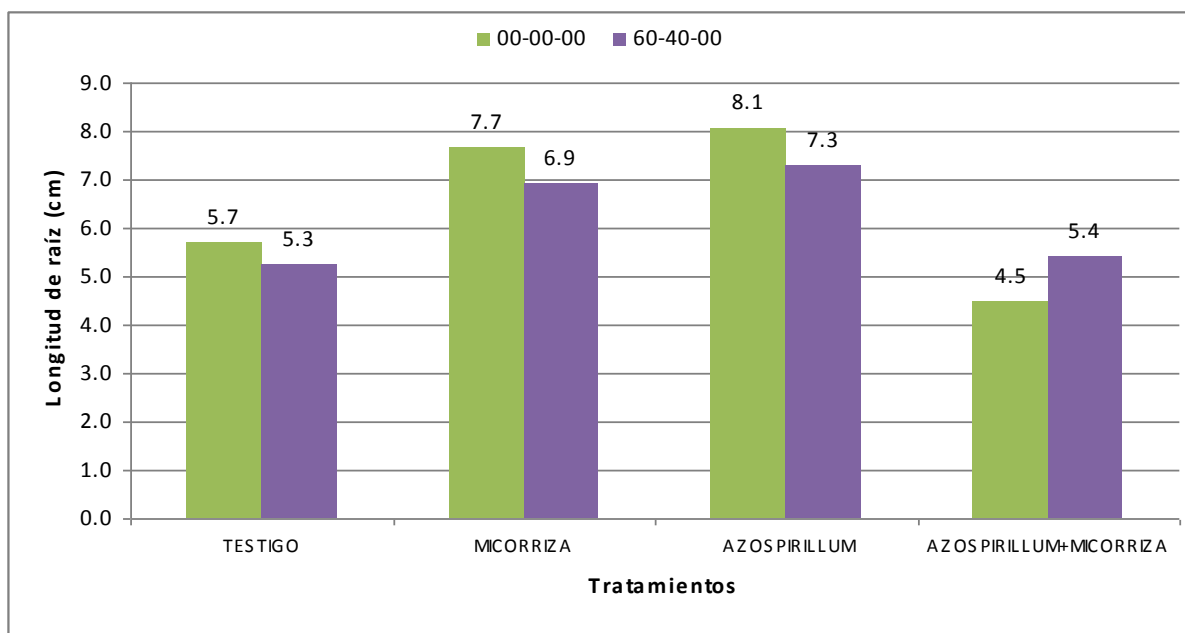


Figura 13. Longitud de la raíz en plantas de avena con biofertilizantes y químicos en la etapa de madurez fisiológica.

Pedraza *et al.*, (2001), trabajando con plantas de Gerbera, reportaron que la fertilización influyó sobre la cantidad de estructuras del hongo observables en la raíz. Cuando las plantas se fertilizaron con dosis moderadas, el porcentaje de colonización fue mayor que el registrado en las plantas tratadas con dosis de fertilización altas o ausencia de fertilizante.

Bonfante *et al.*, (2004), comentan que la extensión de las hifas extraradicales de la micorriza más allá de esta zona de agotamiento, ocasiona por un lado, un incremento del área de absorción y por otro, la exploración de un volumen mayor de suelo que el que normalmente podría alcanzar el crecimiento de la raíz por sí sola. Es claro además que el sistema radical de las plantas responde a condiciones localizadas del suelo y frecuentemente muestra incremento en la proliferación de raicillas en zonas ricas en nutrientes. Aunque es poco probable que el hongo asociado busque dichas zonas, la evidencia sugiere que la proliferación de hifas ocurre en micro sitios con una concentración de nutrientes relativamente alta

Sitio 5. Santa Clara Namiquipa

Los hongos micorrízicos arbusculares, inducen simbiosis que da como resultado una mayor tolerancia de las plantas a las condiciones adversas de producción. La inoculación del *Glomus intraradices* en semilla de avena representó una práctica eficiente en el presente sitio; el mayor rendimiento (4,795 kg ha⁻¹) se consignó en las franjas tratadas con fertilizantes químicos mas el producto Micorriza INIFAP^{MR}, las cuales además fueron diferentes estadísticamente del resto de los tratamientos (Cuadro 5). También se registró el mayor índice de redituabilidad (2.68) y (1.84), para las condiciones naturales del terreno y con fertilizantes químicos, repectivamente. Esta diferencia se le atribuye principalmente a la constitución del suelo, ya que fue el mejor de las cinco localidades estudiadas, con concentraciones altas de Limo (58.72 %), 20.28 % de Arcilla y 21.0 % de Arena, con un porcentaje de saturación de 53.5 %, alto en Materia Orgánica (2.55 %), con excesos de Fósforo (44.36 ppm), suficiente en nitratos (195.9 kg ha⁻¹), libre de sales y de carbonatos.

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca total (Kg ha⁻¹), utilizando biofertilizantes en Santa Clara Namiquipa, Chihuahua. Ciclo 2009.

Tratamiento		I	II	V	Media
1.- 0-0-0	747	942	668	386	2686 D
2.- MICORRIZA -INIFAP	839	819	388	923	3992 B
3.- AZOSPIRILLUM	129	566	971	949	3404 C
4.-MICORRIZA-INIFAP +AZOSPIRILLUM	093	878	919	798	3922 B
5.-60-40-0	859	067	262	728	4229 B
6.-60-40-0 + MICORRIZA -INIFAP	088	834	610	649	4795 A
7.-60-40-0 + AZOSPIRILLUM	572	989	573	968	4026 B
8.-60-40-0 + MICORRIZA +AZOSPIRILLUM	368	306	245	536	3364 C

$F_{0.05} = 16.4526$ ** $P > F = 0.016$ $DMS_{0.05} = 461.3798$ $CV = 8.32\%$

Yong-Guan *et al.*, (2003), comentan que uno de los nutrimentos que más se ha estudiado en relación con su absorción medida por micorrizas arbusculares, es el fósforo, debido a que las plantas lo requieren en relativamente grandes cantidades, pero que también se encuentran en concentraciones

muy bajas en la solución del suelo. La razón principal para este fenómeno, es que los iones de fosfato inorgánico se unen rápidamente a coloides del suelo o se fijan como sales de hierro o aluminio volviéndose relativamente inmóviles además de que una gran proporción del fósforo inorgánico total está normalmente en forma insoluble, no disponible fácilmente para las plantas.

La lluvia acumulada fue de 178.5mm; su distribución total se puede apreciar en la Figura 14, donde solo se reportaron cinco eventos de consideración (entre 5 y 25 mm de precipitación pluvial), y prácticamente al inicio del ciclo vegetativo de la avena; posteriormente, los eventos fueron prácticamente insignificantes y equivalentes tan solo al 56 % de los requerimientos hídricos de la avena. Sobre el tema Tarafdar y Rao (2002), indicaron que el tipo de manejo agronómico que haya recibido el sistema puede favorecer o no la abundancia de propágulos de la micorriza arbuscular

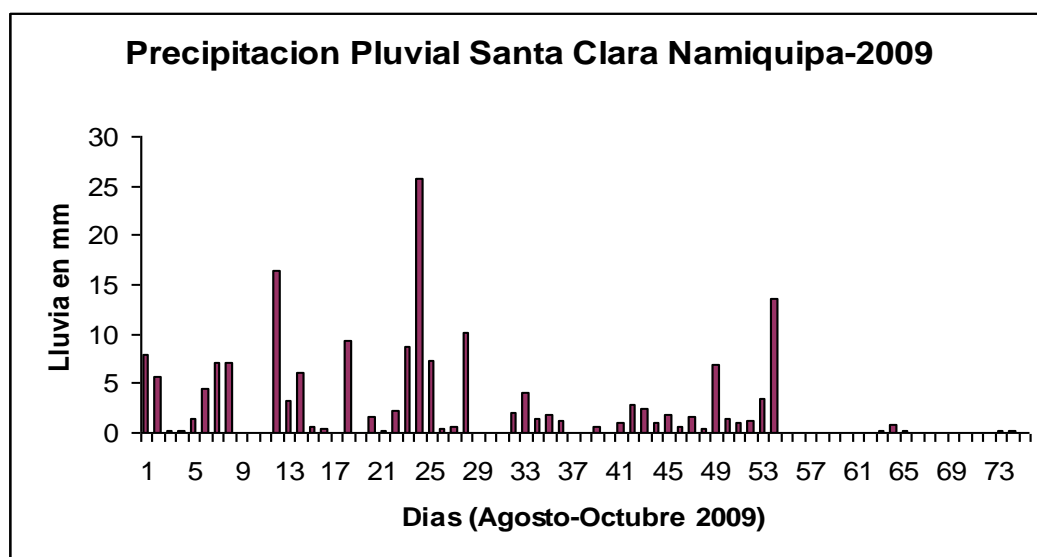


Figura 14. Registro de lluvia en Santa Clara, Municipio de Namiquipa, Chihuahua, Ciclo 2009.

Alarcón y Cerrato, (2001), reportaron que en gran medida, el interés que ha despertado la asociación micorrízica arbuscular se debe a su ubicuidad entre las familias de plantas vasculares, su aparente in especificidad al colonizarlas y a numerosos reportes de su influencia en el crecimiento de las plantas mediante el incremento de la incorporación de nutrimentos y el mejoramiento de sus relaciones hídricas.

CONCLUSIONES

Se hizo la Promoción del uso del Producto MICORRIZA-INIFAP^{MR} en el cultivo de Avena bajo condiciones de temporal en el estado de Chihuahua. Se desarrollaron talleres sobre el tema, en las siguientes localidades: Campo 79, Municipio de Riva Palacio; Gómez Farias, General Trías y Belisario Domínguez, Chihuahua. Se establecieron cinco parcelas de transferencia de tecnología sobre el uso de MICORRIZA-INIFAP^{MR}, registrando beneficios a favor de este biofertilizante, donde el índice de redituabilidad registrado fue (en El Faro Municipio de Satevo, 2.04 y 1.86; General Trias, (1.13 y 1.31); Bachíniva, (2.05 y 1.80) Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc (1.36 y 1.45); Santa Clara Namiquipa (2.68 y 1.84 Sin y con fertilizante químico respectivamente). Se aumentó la producción y productividad del cultivo de avena bajo condiciones temporal en el estado de Chihuahua, utilizando el producto MICORRIZA-INIFAP^{MR}, con el apoyo de la SAGARPA, FUNDACION PRODUCE CHIHUAHUA, y la AGI-Granos Básicos; se establecieron 9,280 ha, en predios agrícolas de 480 productores, distribuidos en cuatro municipios, del Estado de Chihuahua, registrando incrementos netos en la producción de grano y forraje del 55%, a favor del uso del producto Micorriza INIFAP^{MR}, equivalentes a \$ 1,710.00 ha⁻¹, y una derrama económica de \$ 15,882,480.00, durante el ciclo Julio-Diciembre del 2009.

LITERATURA CITADA

- Aguilera G., L. I., V. Olalde P., M. Rubí A., y R. Contreras A. 2008. Micorrizas arbusculares. CIENCIA ergo sum. Vol. 14-3. noviembre 2007-febrero 2008. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Pp.300-306.
- Aguirre M., J. F., M. B. Irizar G., A. Peña del R., A. Durán P., O. A. Grageda C. y F. J. Cruz.Chávez.2009. MICORRIZA INIFAP^{MR}. Biofertilizante para la Agricultura –Mejor nutrición-Mayor recimiento de raíz. Hoja desplegable. www.inifap.gob.mx. (consulta 22 de Mayo del 2009).
- Alarcón A. R. Ferrera C. 2001. Biofertilizantes: Importancia y manejo en la agricultura. Agr. Téc. Mex. 26:63-75.
- Amado A., J. P. y P. Ortiz F. 2003. Evaluación de fitohormonas, fertilizantes químicos y biológicos, sobre la producción de avena de Temporal. Abonos Orgánicos y Plasticultura. Capítulo IX. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo- FAZ-UJED-COCYTED. Venecia Durango.
- Barea, J. M., R. Azcón and C. Azcón-Aguilar.1991.Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen fixing systems. Methods Microbiol.24:391-346.
- Batten, K., K. Scow, K Davies, and S. Harrison. 2008. Two invasive plants alter soil microbial community composition in serpentine grasslands. Biological Invasions 8: 217-230.
- Bremner, J. M., and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. Pp. 595-624. In: A. L. Page, R. H. Muller and D. R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis (Part-2). Second edition. American Society of Agronomy, [Madison, Wisconsin. (Agronomy 9).

- Bonfante-Fasolo, P. 1988. The role of the cell wall as a signal in mycorrhiza associations. Cell to cell signals in plants, animal and microbial symbiosis (S. Scannerini/ etal./ eds.) Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. p. 219-235
- Botella A., Venanzi S. y Krüger H. 2002. Respuestas de un cultivo de avena en siembra directa a la fertilización química y biológica en un ambiente marginal. En: Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo en Puerto Madryn, Chubut
- CAFRE (Collage of Agricultural Food & Rural Enterprise) 2008. Green mount organic Unit Farm Walk 22 July 2008. www.Ruralni.gov.uk/organic (Consulta 6 de mayo del 2009).
- Carr, P. M, R. D. Horsley, W. W. Poland. 2004. Barley, oat and cereal-pea mixture as dryland forages in the Northern Great Plains. *Agron J.* 96: 677-684.
- Cereigido, J. J., M. Maekawa y V. Maied. 2008. Efecto de la suplementación en el potrero sobre fertilidad en lomas arenosas del oeste Bonaerense. Ed. INTA-E.E.A. General Villegas. Boletín Técnico N° 10. pp:114-114. Buenos Aires Argentina.
- Charlon V., L. Romero, A. Cuatrin y M. Taverna. 2007. Utilización de residuos orgánicos en el rendimiento y la calidad de un cultivo de avena. *Revista argentina de producción animal.* Vol. 27 Supl.1 pp:214-215.
- Chavira J., G. y J. Z. Castellanos. 1987. Sales Solubles. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Publicación Especial N° 1. pp: 109-124.
- Colin , R. M. , V.V.M. Zamora, R. A. J. Lozano, Z. G. Martínez, T. M. A. Torres. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Tec. Pecu Méx.* 45(3):249-262.
- De la Peña, E. 2009. Efectos de la biota edáfica en las interacciones planta-insecto a nivel foliar. *Ecosistemas* 18(2): 64-78.
- Dodd, J.C., I. Arias, I. Comen and D. S. Hayman. 1990. The management of populations of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in acid- fertile soil of a savanna ecosystem. *Plant and Soil.* 122:229-240.
- Domínguez, J., M. Aira y M. Gómez B. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2):20-31.
- Elmaz O., H. Cerit, M. Ozcelik, S. Ulas. 2004. Impact of organic agriculture on the environment. *Fresenius environmental bulletin* (13) 1072-1078.
- Etchevers D., J. 1987. Determinación de nitrógeno en suelos. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Publicación Especial N° 1. pp:45-83.
- Flores M., J.P. , r. p. Fynn, W. C. Lindemann and M. Remmenga. 2002. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. *Agricultural experimental station, bulletin 785.*, Colege of Agriculture and home Economics, NMSU. Las Cruces, Nuevo México.
- Goijberg G. y A. Aguilar. 1987. pH del suelo y necesidades de Cal. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Publicación Especial N° 1. pp:17-40.
- Hanrahan, C. E. 2000. The European Union's ban on Hormone- Treated Meat. *Congressional Report Services. Report for Congress RS20142.* Washington, DC.
- Heinzeman J., J. Weritz 1990. Rockwool: A New Carrier System for Mass Multiplication of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi". *Angew Bot.* 64:271-274.

- Huerta, E., R. Gómez y M. Constantino. 2008. Manual de aplicación y reproducción de biofertilizantes. El Colegio de la Frontera Sur, unidad Villahermosa, Carretera Villahermosa-Reformakm 15.5. Ranchería 15.5 Ranchería Guineo, 2° Sección. Villahermosa, Tabasco.
- Jeffries P., S. Gianinazzi, S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnan, J. M. Barea (2003). The Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Maintenance of Plant Health and Soil Fertility. *Biol. Fertil. Soils* 37:1-16.
- Jordan, N. D. Larson and S. Huerd. 2008. Soil modification by invasive plants: effects on native and invasive species of mixed-grass prairies. *Biological Invasions* 10 :177-190.
- Keller A. 2002. Good Agricultural Practices (GAPS). *Can. J. Soil Sci.* 66:261-272.
- Klironomos, J. N. 2002. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature* 417:67-70.
- Kramer, S. B., J. P. Reganol, J. D. Glover, B. J. M. Bohannon, and H. Mooney. 2006. Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. *Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America.* 103(12)4522-4527.
- Lauriault, L. M., and R. E. Kirksey. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern High Plains, USA. *Agron J.* 96: 352-358.
- León R., y A. Aguilar. 1987. *Materia Orgánica. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo.* Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Publicación Especial N° 1. pp: 85-91
- Martínez, L. B., y F. I. Pugnaire. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18 (2): 44-54.
- Moncayo R., I. 2009. Micorrizas: Solución para la reforestación y recuperación de suelos contaminados. Bio Triton S. A. Trípico. www.biotri-ton.cl . (consulta 16 de abril del 2009).
- Monke, E. A. y S. R. Pearson. 1991. *The policy analysis matrix for agricultural development.* Cornell University Press. 279 p.
- NOM-109-SSA1. (1994). Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-109-SSA1. (1994). Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-092-SSA1. (1994). Cuenta total de Microorganismos. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placas.
- NOM-111-SSA1. (1994). Hongos y Levaduras. Método para la cuenta de Mohos y levaduras en alimentos
- Mathers, A. C., B. A. Stewart, J. D. Thomas and B. J. Blair. 1992. Effects of cattle feedlot manure on crop yields and soil conditions. Technical report N° 11, Texas Agricultural Experiment Station and USDA, Southwestern Great Plain Research Center, Bush land, Texas.
- Mustafa, A. F., D. A. Christensen, J. J. McKinnon. 2000. Effects of pea, barley, and alfalfa silage on ruminal nutrient degradability and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:2859-2865.
- Ortíz, P. F., J. P. Amado A., y J. J. Salmerón Z. 2000. Evaluación de tecnología para avena en la Sierra de Chihuahua. Variedades y Fertilización Mayor. . Folleto Científico N°6 INIFAP-CIRNOC-CESICH. Folleto Científico N° 6. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua.
- Pedraza, M., D. Contreras y A. Gutierrez. 2001. Crecimiento y nutrición de microplantas de gebrera inoculados con hongos micorriza arbuscular. *Agrociencia* 35(2):149-158.

- Ramírez L., M. L. y M. R. Ávila M. 1996. El agro ecosistema Temporalero de la Baja Babícora y Regiones similares: Su estructura actual, Algunos de sus Biocomponentes y su diseño futuro. Folleto Científico Num. 3. SAGAR-INIFAP-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua.
- Reinhart, K. O., F. T. Maestre, and R. M. Callaway. 2006. Facilitation and inhibition of seedlings of an invasive tree (*Acer platanoides*) by different tree species in a mountain ecosystem. *Biological Invasions* 8: 231- 240.
- Rodríguez E. S., J. A. Crisóstomo, C. Nabais, H. Freitas. 2009. Belowground mutualists and the invasive ability of *Cacia long folia* in coastal dunes of Portugal. *Biological Invasions* 11: 651-661.
- SAS Institute Inc. Release 8.02.2001.SAS Institute Inc. Cary N C 27513, USA.
- Schuldt, M. R. Christiansen, L. A. Scattorice y J. P Mayo. 2007. Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie. *Revista electrónica de Veterinaria*. Vol VIII, número 8. <http://wwwveterinaria.org/revistas/redvet/n080807.html>. (Consulta del día 28 de abril del 2008).
- Sieverding, E. 1991. Vesicular – Arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ, Germany, 371 p.
- Tarafdar, J. C. and A. Rao V.2002. Possible Role of Arbuscular Mycoehizal Fungi in Development of Soil Structure. In : *Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships*. Siqueira, J., F. Moreira, A. Lopes, L. Guilherme, V Faquin, A. Furtini N. and J. Carvalho. Editors. Sociedade Brasileira de Ciencia do solo, Lavras, Brasil.705-724 p
- Xia Yun-sheng, Chen Bao-dong, Christie Peter, Smith Andrew, Wang You-shan and LI Xiao-lin.2007. Arsenic uptake by arbuscular mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in an arsenic-contaminated soil with added phosphorus. *Journal of Environmental Sciences* |Volume 19, Issue 10, 2007, Pages 1245-1251
- Yao Q., H. H. Zhu, Y. L. Hu and L. Q. Li. 2008. Differential influence of native and introduced arbuscular mycorrhizal fungi on growth of dominant and subordinate plants. *Plant Ecol* 196:261-268
- Young, C.C., Lai, W.A., Shen, F.T., Hung, M.H., Hung, W.S. & Arun, A.B. 2003. Exploring the microbial potentially to augment soil fertility in Taiwan. In *Proceedings of the 6th ESAFS International Conference: Soil Management Technology on Low Productivity and Degraded Soils Taipei, Taiwan*. pp. 25-27.

Capítulo VI

PECAN PRUNING WOOD AS AN ORGANIC AMENDMENT

William C. Lindemann and Mohammed Tahboub

Department of Plant and Environmental Sciences, New Mexico State University
Las Cruces, New Mexico, 88003 USA

SUMMARY

Chipping and soil incorporation of pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] pruning wood may be an alternative disposal method to burning. Our objective was to determine if incorporation of pecan wood chips into soil would affect nutrient availability and other soil chemical and physical properties. Pecan wood chips were incorporated into a silty clay soil at rates of 0, 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹ in May or June 2002, 2003, and 2004. Some plots received N (ammonium sulfate) at a rate of 0, 15.2, 30.5, 45.7, and 61.0 kg·ha⁻¹ to adjust the C:N ratio of trimmings to 30:1. Wood chip incorporation did not significantly decrease (immobilize) inorganic N, regardless of application rate or number of applications. When ammonium sulfate was added to balance the C:N ratio, soil inorganic N increased with the rate of wood chip application, also indicating N immobilization did not occur. Soil available P and K, pH, salinity, and bulk density were not significantly affected following one, two, or three wood chip applications. Soil available K increased when ammonium sulfate was added to balance the C:N ratio. Wood chips had little effect on soil moisture content, but the soil had an inherently high water holding capacity. Pecan wood chip incorporation significantly increased soil organic matter content and aggregate stability, particularly at the higher application rates and with repeated amendment. The incorporation of pecan pruning wood into orchard soil appears to improve soil tilth and aggregation without adverse effects on nutrients or other soil properties, thus providing growers with an environmentally acceptable means of wood disposal.

Index Words: *Carya illinoensis*, pruning wood, burning, soil physical and chemical properties, organic matter, aggregate stability, soil moisture content, nitrogen immobilization, phosphorus, potassium.

INTRODUCTION

Pecan farmers in the Southwest produce the highest yield and quality of pecans in the US. Farmers strive for > 2500 kg/ha, > 58 % meat, and a reduced alternate bearing cycle. Pecans were the third highest value crop in New Mexico in 2008 after hay and silage corn (USDA/NASS, 2008). In 2007, New Mexico had almost 15,000 ha of pecans with over 10,000 ha in Doña Ana County, NM alone (USDA/NASS, 2008). The 2009 NM crop was valued at \$119,700,000 (USDA/NASS, 2010) and was ranked first by value of pecan producing states. West Texas and Southeast Arizona also have many thousands of hectares devoted to pecans.

Mature pecan orchards are mechanically pruned on a regular basis for increased light interception, maintenance of tree height, and to dampen the alternate bearing cycle. Regular pruning maintains the trees for optimal field operations, yield, and nut quality. However, the disposal of the prunings has become problematic. A preliminary estimate of the amount of pruning wood was 12,700 dry metric tons yr⁻¹ for the Mesilla Valley which includes most of Doña Ana County, NM (Cabral, 2005). More accurate modeling has estimated 11,604 to 27,699 dry metric tons yr⁻¹, depending on the type of pruning, age of tree, pruning history, etc. (Kallestad et al., 2008).

Until recently, most prunings were dragged to the end of the field or nearby location and burned. However, smoke generated from burning results in air pollution, especially particulate matter with an aerodynamic diameter of $\leq 10 \mu\text{m}$. The New Mexico Environment Department and the United States Environmental Protection Agency were concerned that burning pecan prunings and other agricultural operations and have restrained, prohibited, or otherwise controlled burning (New Mexico Air Quality Bureau, 2003). California no longer allows the burning of orchard prunings (Dr. Richard Heerema - personal communication). Other disposal methods of pecan pruning wood such as mulching, composting, selling as firewood, and burning for electrical generation are not economically feasible. The use of pecan wood chips as mulch around young, non-producing pecan trees has been practiced and proven beneficial (Foshee et al., 1996; Foshee et al., 1999; Smith et al., 2000). Mulching around productive trees interferes with field operations and especially harvesting (Foshee et al., 1996). Composting would require even more inputs by producers for a product that has low economic value.

Most of the prunings are too small for firewood and large quantities are bulky because of the predominance of small limbs. Burning for electrical generation was determined not to be economically feasible (Kallestad et al., 2008). A disposal method for pecan pruning wood is needed that is economically viable and environmentally acceptable.

Chipping and incorporation of pecan wood chips into the orchard soil would appear to be an alternative disposal method. Nevertheless, soil incorporation of woody residues has received limited agricultural attention in the past because of their high C:N ratio and the risk of N immobilization. Recent interest in wood chip incorporation is the result of environmental rather than agricultural concerns. For example, environmental pressure was the foremost reason why almond farmers started chipping and incorporating almond prunings in the San Joaquin Valley, CA, (Holtz, 1999).

Nitrogen immobilization after incorporation of woody debris has always been a major concern in agricultural production. Nitrogen immobilization from the incorporation of almond wood chips resulted in reduced leaf petiole and soil nitrate levels in the year of incorporation, but not in the second and third year after incorporation (Holtz, 2004). However, one-third of the soil was replaced with wood chips weight ($\approx 410,000$ green kg ha⁻¹), which is unrealistic in a production orchard. In the Mesilla Valley, the pruning weights averaged between 7,800 - 18,800 green kg ha⁻¹ (Kallestad et al., 2008).

The application of wood chips in non-agricultural settings has shown to be beneficial, particularly in the rehabilitation of disturbed lands. Wood chip incorporation resulted in the highest 3-year growth rates of hybrid white spruce during the rehabilitation of older landings and roads in Canada (Sanborn et al., 2004) and for the stabilization of mine-tailing affected soils (Cornelius, et al., 1995).

Nitrogen mineralization is the conversion of organic N to mineral forms that are available for plant uptake, while N immobilization is the conversion of inorganic N to organic forms that are generally unavailable for plant uptake (Paul and Clark, 1989; Krishna, 2002). The mineralization and immobilization of N and other inorganic nutrients in soil are of considerable importance to plant nutrition. Nitrogen mineralization and immobilization are largely determined by the C:N ratio of the substrate organic matter (Paul and Juma, 1981; Van Veen et al., 1984). At optimum environmental conditions, if the incorporated organic matter has a high N content (low C:N ratio) such as in fresh, green plant materials, the N content of the substrate is usually sufficient for microbial metabolism and the excess N is excreted to the soil. On the other hand, if the incorporated organic matter has a low N content (high C:N ratio) such as in straw and wood, insufficient N exists in the substrate for microbial metabolism and microorganisms must use N from the soil (Coyne, 1999; Herrmann, 2003). Absorption

of inorganic N, and possibly other nutrients, from soil by microorganisms competes with plants for inorganic N and may result in N deficiency of plants growing in the soil.

Assuming optimum environmental conditions exist, the extent and length of the N immobilization process will depend on the C:N ratio of the organic substrate, the quantity as well as physical size of the organic substrate added to the soil, and the resistance of the organic substrate to microbial attack that is a function of lignin, waxes, and fat present in the organic substrate (Alexander, 1998; Havlin et al., 1999). The C:N ratio is a good but not absolute indicator of N mineralization-immobilization turnover. Coyne (1999) indicated that some organic materials can have high C:N ratios and still mineralize N because the effective C:N ratio of their tissue is lower as a result of their high lignin content. Lignin is insoluble, hard to degrade, and has no direct effect on the metabolism of other substrates.

Regular additions of organic materials such as animal manures and crop residues are important in maintaining the tilth, fertility and productivity of soils, protecting them from wind and water erosion, and preventing nutrient losses through runoff and leaching. Organic amendments improve soil physical properties by increasing water-holding capacity, soil aggregation, soil aeration and permeability, and decreasing soil crusting and bulk density (Tisdall and Oades, 1982; Oades, 1984). Soil chemical properties are improved by organic amendments through their contribution to soil cation exchange capacity, enhancing the ability of soils to buffer pH changes, and cation complexation (Wallace et al., 1990; Magdoff, 1992). Soil organic matter enhances soil biological properties. Studies have shown that organic farming leads to higher soil quality and more soil biological activity than conventional farming by increasing soil organic matter content, microbial biomass, diversity, respiration, and dehydrogenase enzyme activity (Reganold, 1993; Drinkwater et al., 1995; Boggs et al., 2000). Wood chip incorporation should increase the organic matter content of soils and improve soil chemical and physical properties. The continuous use of hardwood chips for a period of 15 years at an application rate of $7,000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$ in the Northeast U.S. increased organic matter content, aggregate stability, and moisture retention and reduced soil bulk density, pH, and soil erosion (Free, 1971).

If soil incorporation of pecan wood can be shown not to interfere with harvest or compete with trees for nutrients, growers would be more likely to adopt chipping and soil incorporation as an alternative to burning. Pecan wood burning may become illegal in the near future if New Mexico environmental regulations follow that of California regulations. Additionally, the benefits of added organic matter may accrue with time and the nutrients in the wood recycled. However, the influence of pecan wood chip incorporation must be viewed over several years and with repeated applications for a clear picture

of the beneficial and/or detrimental effects of this disposal method. The purpose of this study was to determine the beneficial and detrimental effects of pecan wood incorporation on soil nutrient availability and soil chemical and properties over several application rates and number of applications. More detail can be found in two publications (Tahboub, Lindemann, and Murray, 2007, 2008).

MATERIALS AND METHODS

A field experiment was established at the Leyendecker Plant Science Research Center, New Mexico State University, Las Cruces, N.M. in May of 2002. The experimental site (lat. 32°12.309'N, long. 106° 45.058'W) is located 14.5 km south of Las Cruces at an elevation of 1,172 m. The mean annual precipitation is 20.3 cm. The soil is a well drained Glendale clay loam (fine-silty, mixed (calcareous), thermic Typic Torrifuvent) that formed in alluvium. The surface soil (0 to 30 cm) has an average pH of 8.7 and an electrical conductivity of 2.24 dS.m⁻¹ (saturated paste extract).

The experimental site consisted of four blocks. The experimental blocks were spaced 3.5 m apart. Each block consisted of three parallel sets of plots. The first set of plots received treatments in May 2002 only, the second set received treatments in June 2003 and May 2004, and the third set received treatments in May 2002, June 2003, and May 2004. Plots were 2.5 x 2.5 m and 2.0 m apart from each other within each block.

Wood chips were obtained from Belding Farms, Fort Stockton, Texas. The pecan pruning wood was ground in a tub grinder to small chips. Two to four random wood chip samples for each year of application were analyzed for N, P, and K (Table 1). The N content (0.34%) of the pecan wood chips used in 2002 was used to estimate the C:N ratio (143:1) of pecan wood based on an assumed 48.5% carbon content (Lamlom and Savidge, 2003). Five random wood chip sub-samples for each year of application were collected and mixed into one composite sample. A representative sample taken from the composite sample was oven-dried at 65 °C for 72 hours to determine the moisture content, length and diameter of the wood chips (Table 2). The wood chips were generally long and narrow.

Table 1. Concentration and amounts of N, P, and K returned to soil at various application rates of pecan wood chips applied in 2002, 2003, and 2004.

Nutrient	Concentrationn	Chip Application Rate (dry kg ha ⁻¹)			
		4,484	8,968	13,452	17,936
2002	%	kg ha ⁻¹			
Nitrogen	0.34	15.2	30.5	47.5	61.0
Phosphorus	0.04	1.3	2.7	4.0	5.4
Potassium	0.19	8.5	17.0	25.6	34.1
2003					
Nitrogen	0.58	26.0	52.0	78.0	104.0
Phosphorus	0.03	1.3	2.7	4.0	5.4
Potassium	0.31	27.8	27.8	41.7	55.6
2004					
Nitrogen	0.44	19.7	39.5	59.2	78.9
Phosphorus	0.04	1.8	3.6	5.4	7.2
Potassium	0.35	15.7	31.4	47.1	62.8

The experimental treatments were arranged in a control plus two way factorial of four rates of wood chips and two inorganic N fertilizer treatments (an unfertilized treatment (N0) and a fertilized (N1) treatment to adjust the C:N ratio of wood chips). Wood chip application rates were 4,484 (C1), 8,968 (C2), 13,452 (C3), and 17,936 (C4) kg ha⁻¹ and corresponded to the amount of pruning wood typically observed on the ground from light to heavy pruning. The experimental design was a randomized complete block with 9 treatments and 3 application times (one application in 2002; two applications, one in 2003 and one in 2004; or three applications, one in 2002, one in 2003, and one in 2004). Each treatment was replicated four times. The experimental design permitted the measurement of the effect of one and two wood chip applications two times and the effect of three wood chip applications one time.

Table 2. Length and diameter of pecan wood chips for the three years of application as a percent of total oven-dry weight (n=1).

Year	Length of Pecan Wood Chips (cm)				
	< 1.0	1.0-2.5	2.5-5.0	5.0-10.0	> 10.0
			%		
2002	4.0	27.0	48.4	15.8	4.8
2003	10.6	12.0	43.6	33.8	0.0
2004	5.8	24.0	38.5	31.7	0.0

Year	Diameter of Pecan Wood Chips (mm)				
	< 2.0	2.0-2.4	2.4-4.8	4.8-7.9	>7.9
			%		
2002	14.0	7.0	25.7	25.5	27.8
2003	15.4	7.0	25.1	20.3	32.2
2004	8.0	5.9	35.1	34.3	16.7

Pecan wood chips were incorporated (disking to 10 cm) in May 2002, June 2003, and May 2004. The inorganic N (ammonium sulfate) treatment (N1) included rates of 15.2, 30.5, 45.7, and 61.0 kg N ha⁻¹ to adjust the C:N ratio of wood chips to 30:1. Disking the soil in two opposite directions was performed immediately after applying the treatments. Disking was important to assure the quick infiltration of irrigation water, incorporation of treatments, and to avoid spreading fertilizer N and wood chips outside the research plots. Immediately after disking, the experimental site was flood irrigated (approximately 10 cm) at low pressure for four hours to avoid the movement of wood chips and fertilizer N with the irrigation water. Thereafter, the experimental site was flood irrigated (approximately 10 cm) monthly throughout the length of the study. Glyphosate (Roundup herbicide-Monsanto, St. Louis, MO, USA) was applied when necessary to control weeds.

Measured soil parameters included soil inorganic N (N-NO₃⁻ + N-NO₂⁻ and N-NH₄⁺), available P and K, pH, soluble salts as determined by EC, volumetric moisture content (θ_v), bulk density (Db), organic matter (OM), and aggregate stability. Soil samples were taken at a depth of 0 to 20 cm. Three soil sub-samples were taken from each experimental plot. The soil samples were immediately air dried for 72 hours, ground to pass through a 2.0 mm sieve, and stored at 4 °C until analysis.

Nitrate and nitrite N were determined in 2.0 M KCl extracts on a Technicon Autoanalyzer II (Technicon, Tarrytown, N.Y.) (Cadmium Reduction Method) (Maynard and Kalra, 1993). Ammonium N was determined in 2.0 M KCl extracts by the Technicon Autoanalyzer II (Indophenol Blue Method)

(Maynard and Kalra, 1993). Soil inorganic N was monitored monthly from the summer through fall of 2002, 2003, and 2004 for the first set of plots that received one application in May 2002. For the plots that received two and three treatment applications soil inorganic N was monitored monthly from the summer through fall of 2003 and 2004.

Soil available P and K were measured in May 2003, 2004, and 2005 for the first set of plots that received one application in May 2002. For the plots that received two and three treatment applications, soil available P and K were measured in May 2003 and 2004. Soil available P and K were extracted by sodium bicarbonate (Olsen and Sommers, 1982) and ammonium acetate methods (Knudsen et al., 1982), respectively.

Soil pH and EC were determined from soil saturated paste extracts (Rhoades, 1982) and measurements were taken in December 2002, December 2003, and October 2004 for the set of plots that received one wood chip application in May 2002. For the plots that received two and three wood chip applications, soil pH and EC were measured in December 2003 and October 2004 (Table 1). Soil OM analysis was by the Walkley-Black Method (Nelson and Sommers, 1982) and measurements were taken in May 2003, 2004, and 2005 for the first set of plots that received one application in May 2002. For the plots that received two and three treatment applications, soil organic matter was measured in May 2003 and 2004.

A surface moisture-density gauge (Troxler Model 3440, Troxler Electronic Laboratories, Inc., Research Triangle Park, NC) was used to determine the soil bulk density (D_b) and the volumetric water contents (θ_v) of all treatment combinations at a depth of 0 to 15 cm. The gauge was calibrated for the θ_v using the technique described by Topp and Ferre (2002). Eighteen random field core samples were taken at a depth of 0 to 15 cm and at various soil moisture levels to determine the gravimetric moisture content (θ_g) and mean D_b of the soil. The θ_v was determined by multiplying the calculated θ_g by the mean D_b . The θ_v were plotted against preliminary measured moisture count ratios (gauge readings) to obtain the calibration curves as well as the regression equation.

The surface moisture-density gauge utilizes gamma radiation backscattering to nondestructively sample relatively large volumes of soil to estimate the wet bulk density (D_{bw}), which is a function of D_b and water content. The gauge was calibrated for the D_b using the technique described by Blake (1965) and involved measurements on large containers containing soils that had been compacted artificially to a desired D_{bw} . The D_{bw} were calculated from the mass and volume of wet soils and were plotted against preliminary measured density count ratios (gauge readings) to obtain the calibration curve and the regression equation. The D_b was predicted from the D_{bw} by the following equation:

$$Db = Dbw / (1 + \theta g/100).$$

Soil Db and θ_v of all three sets of plots that received one, two, and three treatment applications in May 2002, June 2003, and May 2004 were measured one day and twenty days after irrigation in August 2003 and 30 days after irrigation in August 2005.

Soil samples for aggregate stability measurements were taken at a depth of 5 cm from each experimental plot and were immediately air dried until measurements were taken. Soil aggregate stability was measured for all experimental plots in May 2005. Aggregate stability was determined using the technique described by Herrick et al. (2001). Nine aggregates of 6 to 8 mm in diameter from each plot were rated on a scale of 1 to 6 based on a combination of visual observations of slaking during the first 5 minutes following immersion in deionized water and the percent remaining on a 1.5 mm sieve after five dipping cycles.

Soil measurements were analyzed by each set of plots and sampling time separately using analysis of variance SAS Proc Mixed (SAS Institute, 1999). Proc Mixed was used to calculate F statistics for the overall treatment effect and for contrasts for the wood chip main effect, the N fertilization main effect, and for the wood chip simple effects with no N. The simple effects of the wood chips with no added N is a comparison among C1N0, C2N0, C3N0, and C4N0. In addition, means with standard errors were calculated for the nine treatments, and estimate statements were used to calculate wood chip and N main effect means and standard errors. Least Square Differences (LSDs) were used to carry out pair-wise comparisons of the nine treatments to determine if they were significant at a significance level of $\alpha = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Most of the wood chips had entirely degraded by the end of the growing season (September), and the remaining larger chips were degraded to the point that no brittle wood remained to interfere with mechanical harvest. One year after application, some wood chips were still evident in the soil, particularly at the higher application rates (13,452 and 17,936 kg ha⁻¹), but the remaining chips were degraded to the point of flexible shreds. Wood chips remaining tended to be short lengths of woody twigs that had passed unscathed through the tub grinder. Movement of wood chips during flood irrigation was minor; most of the chips were at least partially covered with soil during incorporation (10 cm).

Available Soil N

Inorganic soil N in the control and chip amended soil were not statistically different ($p>0.05$) in the experimental plots that received only one application of wood chips in May 2002 for all sampling times except in October 2004 (Figure 1). Therefore, net immobilization of N was not observed in the plots that received one wood chip application for a period of three years. Net mineralization was observed at the end of the third year (October of 2004) following treatment application at the highest wood chip rate (Fig. 1). Soil inorganic N in control and chip amended soil was not statistically different ($p>0.05$) for a single application of wood chips in 2003 and no trend was apparent (data not shown). Average values for soil inorganic N in 2003 were 27.6 ± 3.5 , 22.7 ± 0.9 , 22.5 ± 2.5 , 22.3 ± 0.6 , and 17.8 ± 1.2 mg kg⁻¹ for the control, C1N0, C2N0, C3N0, and C4N0 treatments, respectively.

Inorganic N in control and chip amended soil was likewise not statistically different ($p>0.05$) for the plots that received two or three applications of wood chips and no trend was apparent (data not shown). Average values for soil inorganic N were 22.2 ± 1.62 , 24.0 ± 2.3 , 21.4 ± 3.4 , 18.1 ± 2.9 , and 18.3 ± 3.3 mg.kg⁻¹ for the control, C1N0, C2N0, C3N0, and C4N0, respectively, with two wood chip applications. Average values for soil inorganic N were 14.7 ± 2.0 , 15.6 ± 1.5 , 14.9 ± 1.9 , 13.5 ± 1.5 , and 14.9 ± 1.7 mg.kg⁻¹ for the control, C1N0, C2N0, C3N0, and C4N0, respectively, with three wood chip applications. No tendency was apparent for inorganic N to decrease with increasing chip application rate.

The addition of fertilizer N to balance the C:N ratio of the pecan chips resulted in an increase in inorganic N (Figures 2, 3, and 4). Had N immobilization occurred, soil inorganic N in the N amended plots would have been lower than observed.

The lack of N immobilization was attributed to the slow decomposition rate and size of pecan wood chips that limited the N needs of the microorganisms. The slow decomposition rate of pecan wood is mainly attributed to the high lignin content (~23%) in pecan wood (Pettersen, 1984). Lignin is a rate-reducing factor in both the early and late stages of decomposition (Fioretto *et al.*, 2005). The size of the wood chips also plays an important role in controlling the rate of pecan wood decomposition.

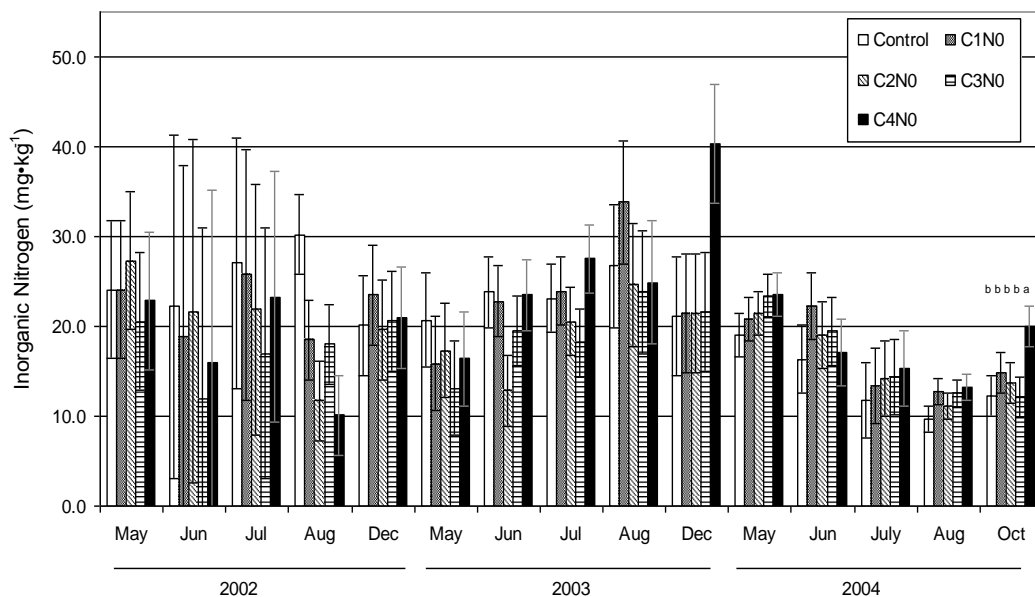


Figure 1. Soil inorganic N as influenced by wood chip amendment rates (wood simple effect with no added N (N0)). Error bars represent \pm SE. Treatments with C1, C2, C3, and C4 received chips at 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹ in summer of 2002, respectively. Only sampling dates significantly different at $\alpha = 0.05$ have letters. Means with same letter in each sampling date are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Chopping or grinding of wood chips to smaller pieces results in a greater specific surface area; the greater the surface area of the wood chips, the faster the degradation rate because of the increased soil contact and exposure to microbial attack (Mackensen et al., 2003). Therefore, the hazard of inorganic N immobilization is greater with sawdust compared to wood chips.

The results of this study agree with the results obtained by Burgess et al. (2002) who found no net immobilization of N from organic residues with high C:N ratios (149:1) when added to the soil. The authors indicated that the slow decomposition rates of the organic materials appeared to limit microbial N needs at any given time so that the net amount of N immobilized was very small and insignificant. Furthermore, Edmonds (1987) indicated that the critical C:N ratio required for N release is a function of the substrate decomposition rates and that high critical C:N ratios are not unexpected for decaying wood.

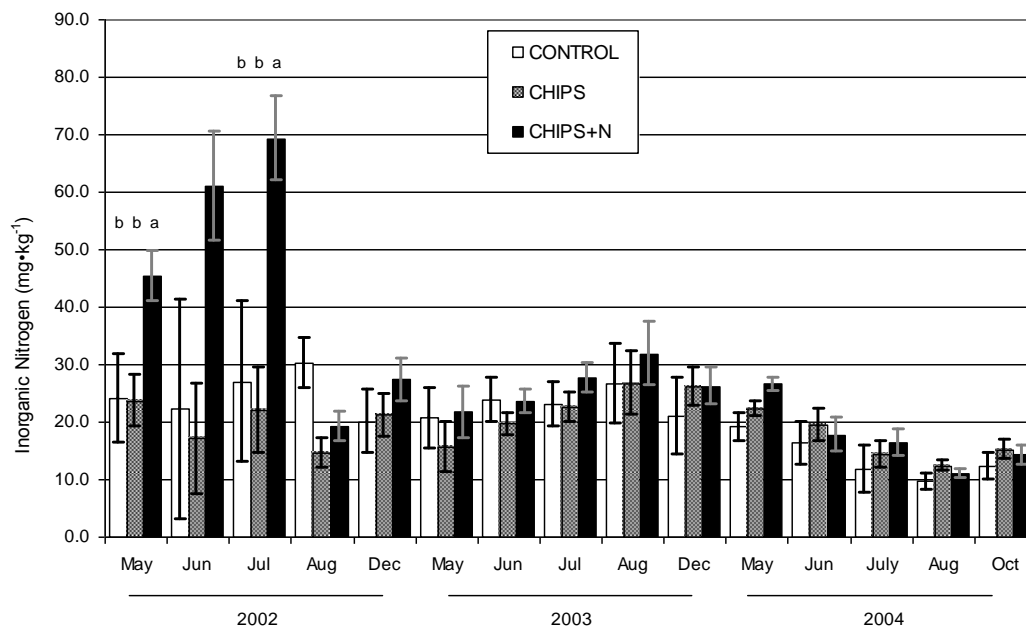


Figure 2. Soil inorganic N as influenced by the N treatments averaged over all other wood chip application rates. Treatments were applied in summer of 2002. Error bars represent \pm SE. Only sampling dates significantly different at $\alpha = 0.05$ have letters. Means with same letter in each sampling date are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

In contrast to what was observed in this study, Holtz et al. (2004) found that the incorporation of almond wood chips into a loamy sand soil placed in pots planted to almond trees resulted in an initial immobilization of soil inorganic N in the first year. The initial immobilization of soil inorganic N could be explained by the higher wood chip rate (approximately 410,000 kg.ha⁻¹ or 1/3 of soil weight) compared to the highest wood chip rate (17,936 kg.ha⁻¹) used in our study. Moreover, the size of the wood chips generated from the wood chipper was not stated and might have been smaller than wood chips produced by the tub grinder in our study.

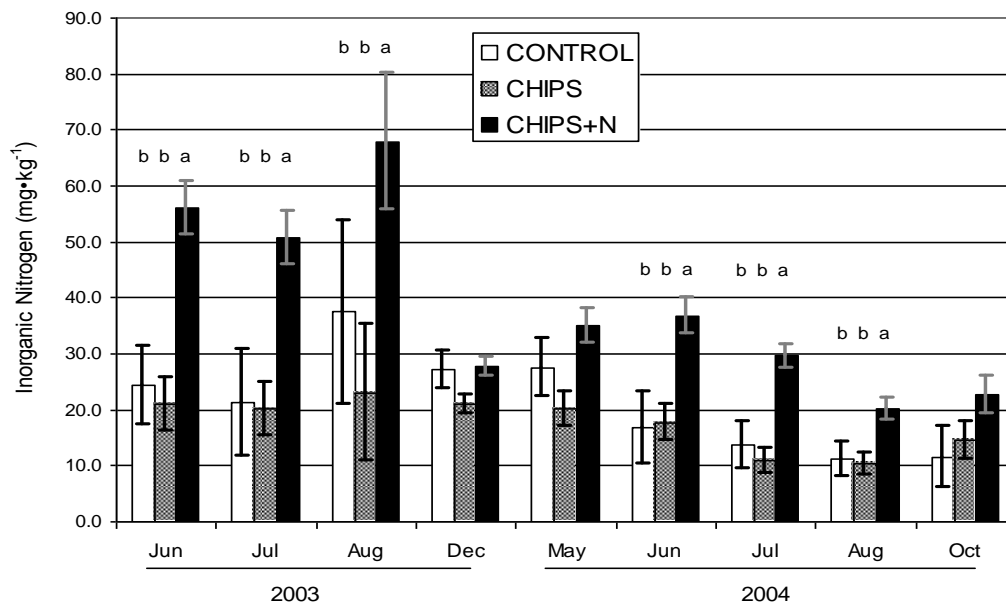


Figure 3. Soil inorganic N as influenced by the N treatments averaged over all other wood chip application rates. Treatments were applied in summer of 2003 and 2004. Error bars represent \pm SE. Only sampling dates significantly different at $\alpha = 0.05$ have letters. Means with same letter in each sampling date are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

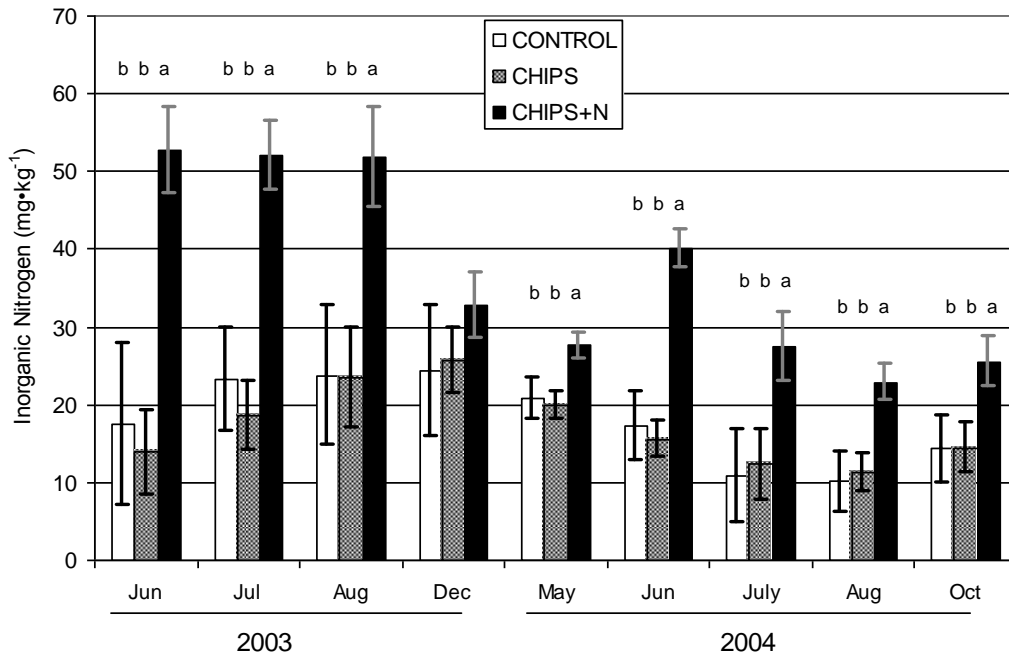


Figure 4. Soil inorganic N as influenced by the N treatments averaged over all other wood chip application rates. Treatments were applied in summer of 2002, 2003, and 2004. Error bars represent \pm SE. Only sampling dates significantly different at $\alpha = 0.05$ have letters. Means with same letter in each sampling date are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Available Soil P

Incorporation of pecan chips had no significant effect ($p > 0.05$) on soil available P for the plots that received one, two, or three treatment applications at all sampling dates. Phosphorus immobilization did not occur. The lack of significance of pecan wood chip incorporation on soil available P was expected and attributed to the low concentration of P in pecan wood ($\sim 0.03\%$ P). The expected amounts of macronutrients that will return to the soil upon full decomposition at various application rates are given in Table 1. The expected levels of total P that will return to the soil at various application rates of pecan wood chips are relatively low and generally less than $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. The release of soil P to plant roots is controlled by several chemical and biological processes. Most of the P added to soil as inorganic fertilizer and organic residues is rapidly bound by the soil minerals in chemical forms that are not subject to rapid release; thus, soil solution P concentrations are typically very low (Blair and Boland, 1978). Furthermore, routine soil test methods carried out by soil laboratories do not measure

the total quantity of P in the soil, but rather measure a part of those compounds that sustain plant available P in the soil solution and thus may not assess the potential contribution of organic P and its transformations following the decomposition of organic residues (Salas et al., 2003).

Available Soil K

No statistical differences ($p > 0.05$) in soil available K among all application rates were observed for the plots that received one chip application in May 2002 or June 2003. One treatment application of pecan wood chips did not influence soil available K for a period of three years following one treatment application. The addition of ammonium sulfate to balance the C:N ratio of pecan chips statistically increased soil available K content one year following two and three treatment applications (Figure 5). However, available K was not statistically different in the control and chip amended soil. Furthermore, no tendency was apparent ($p > 0.05$) for soil available K to increase with increasing wood chip application rate.

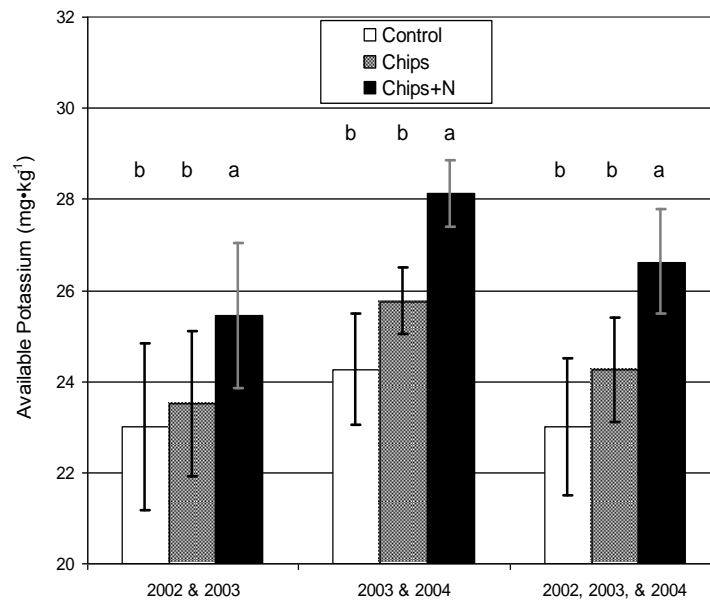


Figure 5. Soil available K one year following two and three treatment applications as influenced by the N treatments averaged over all other wood chip application rates. Error bars represent \pm SE. Means with same letter in each amendment date are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

The ammonium sulfate fertilizer used to adjust the C:N ratio of pecan wood chips is known to acidify soil (Havlin *et al.*, 1999; Krishna, 2002). The increase in soil available K content was attributed to a slight decrease in pH (8.8 to 8.6, soil saturated paste extract) with ammonium sulfate addition.

However, the increase in K availability is probably of limited significance to crop management. Maximum K availability occurs when the soil pH is in the range of 6.0 to 7.0 (Havlin *et al.*, 1999). Available K is held in soil around the negatively charged colloids in an exchangeable form and is somewhat pH dependent (Havlin *et al.*, 1999). Soil exchangeable K decreases as soil pH goes below the optimum level as well as when the soil pH becomes greater than 7.0.

pH and Electrical Conductivity

No statistical differences ($p>0.05$) for soil pH among all treatments were observed for the single wood chip application measured in December 2002, 2003, and October 2004. One treatment application of pecan wood chips did not influence soil pH for a period of three seasons following treatment application.

For the plots that received two treatment applications in May 2003 and 2004, soil pH was measured after one application in December 2003 and after two treatment applications in October 2004. Similar to the plots that received only one treatment application in May 2002, soil pH measured after one treatment application in December 2003 was not statistically ($p>0.05$) different among treatments (Figure 6a). The addition of ammonium sulfate to balance the C:N ratio of pecan chips decreased soil pH following two treatment applications (Figure 6a). Soil pH in the control and chip amended soil was not statistically different. Furthermore, no tendency was observed ($p>0.05$) for soil pH to change with increasing wood chip application rate (data not shown).

A similar tendency of decreasing soil pH with the addition of N to adjust the C:N ratio of pecan wood chips was observed ($F(8,24)=3.18$, $p=0.0132$) for the plots that received three treatment applications in May 2002, 2003, and 2004 when measured after three seasons in October 2004 (Figure 6b). The decrease in soil pH with addition of ammonium sulfate is attributed to the acidifying effect of ammonium sulfate. The addition of ammonium fertilizers (such as ammonium sulfate) has a strong acidifying effect on the soil (Havlin *et al.*, 1999; Krishna, 2002). Ammonium sulfate has three times the acidifying effect on soil pH compared to ammonium nitrate, urea, or urea ammonium nitrate solution. Upon the conversion of ammonium to nitrate, the ammonium ion produces 5.35 pounds of acidity per pound of N applied which in turn makes ammonium sulfate the most acidifying of these N sources (Sartain and Kruse, 2001).

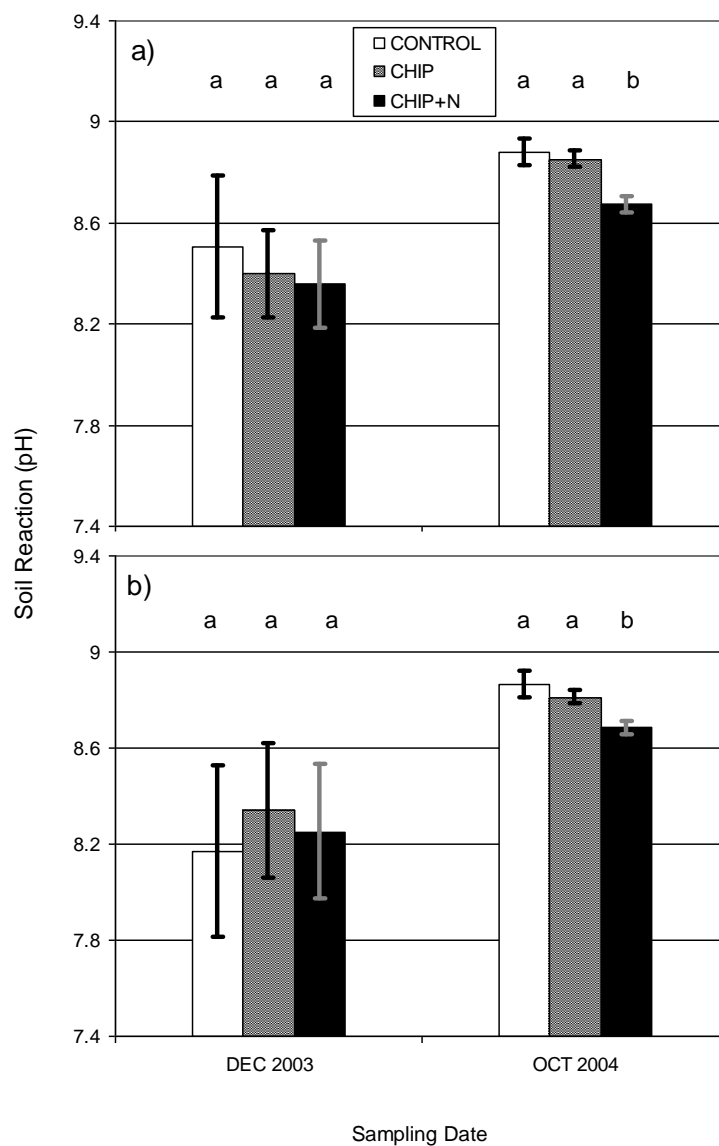


Figure 6. Soil reaction (pH) as influenced by the nitrogen treatments averaged over all other treatments. Treatments were applied in summer of 2003 and 2004 (a) and summer of 2002, 2003, and 2004 (b). Error bars represent \pm SE. Means within each sampling date with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Incorporation of pecan chips had no significant effect ($p>0.05$) on soil EC for the plots that received one, two, or three treatment applications. This lack of response on soil EC was expected and was attributed to the low salts content in pecan wood. The ash content of pecan wood is 0.4% on an oven-dry weight basis (Pettersen, 1984). On the other hand, Patriquin *et al.* (1993) indicated that soil EC is tightly linked to nitrate N concentration in the soil. The authors, while studying the effect of various organic amendments on soil pH, EC, and nitrate indicated that the growth of plants reduced soil nitrate and EC to a greater extent than the incorporation of immobilizing residues. Furthermore, Werner (1997) observed relatively stable EC levels under organic compared to conventional systems.

Soil Volumetric Water Content

Incorporation of pecan chips had little effect on soil θ_v . The effect of one wood chip treatment application was only significant in August 2003 for the plots that received treatment in May 2003 and 2004. Pecan chips applied in 2003 statistically ($F(8,24)=2.87$, $p=0.0217$) increased soil θ_v at the three highest wood chip rates (Figure 7). The positive effect of one treatment application on soil θ_v in August 2003 was also noticed on the soil θ_g for the same plots (data not shown). However, pecan wood chips applied in 2003 increased soil θ_g only at the highest wood chip rate. The incorporation of pecan wood chips had no significant effect ($p>0.05$) on soil θ_v for the plots that received two or three treatment applications.

The lack of influence of pecan wood chip incorporation on soil θ_v was attributed to the fine texture of the soil (~46% clay). The results of this study agree with the results obtained by Bauer and Black (1992) who indicated that the effect of organic amendments on soil water availability is generally positive, but whether or not the effect is significant depends on other soil parameters such as texture. The authors found that the effect of soil organic matter on soil water availability tends to be more pronounced in coarse-textured than in fine-textured soils.

In this study the application of pecan wood chips had little effect on soil θ_v . However, the silty clay soil at the research site has a high water-holding capacity and pecan wood chip incorporation was not expected to greatly increase water retention. Pecan chip amendment would be more likely to increase the water holding capacity of coarser textured soils.

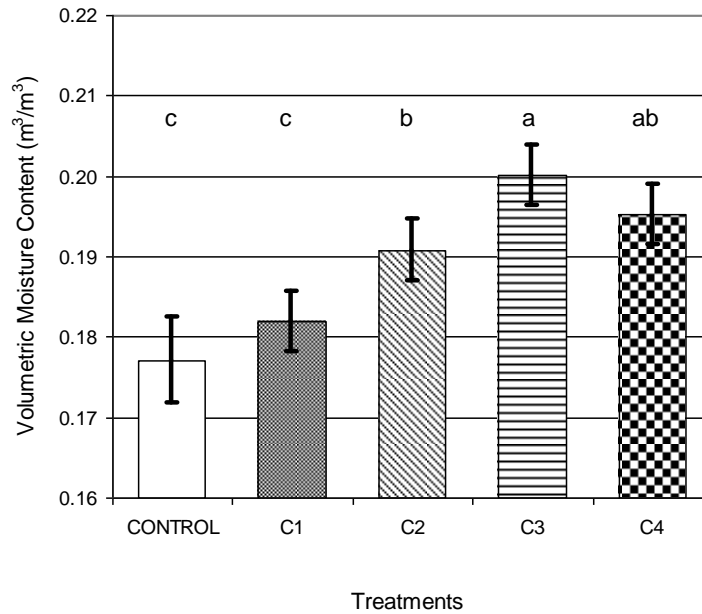


Figure 7. Soil volumetric moisture content twenty days after irrigation in August 2003 as influenced by the wood chip rates averaged over all other treatments. Treatments with C1, C2, C3, and C4 received chips at 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹ in May 2003, respectively. Error bars represent \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Bulk Density

Incorporation of pecan chips had no significant effect ($p > 0.05$) on soil Db, regardless of application rates or number of applications. Numerous studies have addressed the beneficial effect of organic amendments on decreasing soil bulk density (Webber, 1978; Weil and Kroontje, 1979; Nemati *et al.*, 2000). The insignificant effect of pecan wood chip incorporation on soil Db was attributed to the lack of readily decomposable organic constituents of pecan wood. Nemati *et al.* (2000) indicated that the lack of response on Db from a compost treatment compared with the de-inking and secondary sludge amendments was probably due to the lack of readily decomposable organic constituents that were entirely consumed during the composting process. The beneficial effects of de-inking sludge and secondary sludge amendments might have resulted from the rapid increase in aggregate stability. Paper sludge amendments as a source of carbon for microorganisms can also stimulate the production of

binding agents (polysaccharides, ill-humified organic materials, and/or lipids) that rapidly aggregate soil particles.

Organic Matter

Soil organic matter content one, two, or three years following one treatment application was not significantly ($p > 0.05$) different in the experimental plots that received one treatment application in May 2002. The incorporation of pecan wood chips increased soil organic matter content one year following two treatment applications at the two highest wood chip rates ($F(8,24)=2.97$, $p=0.0185$) in May 2004 and at the second and third highest rates ($F(8,24)=2.97$, $p=0.0184$) in May 2005 (Figure 8). Although a similar trend of increasing soil organic matter content occurred with increasing pecan wood chip rates, soil organic matter one year following three treatment applications was not statistically different ($p=0.06$) among all treatments (Figure 9).

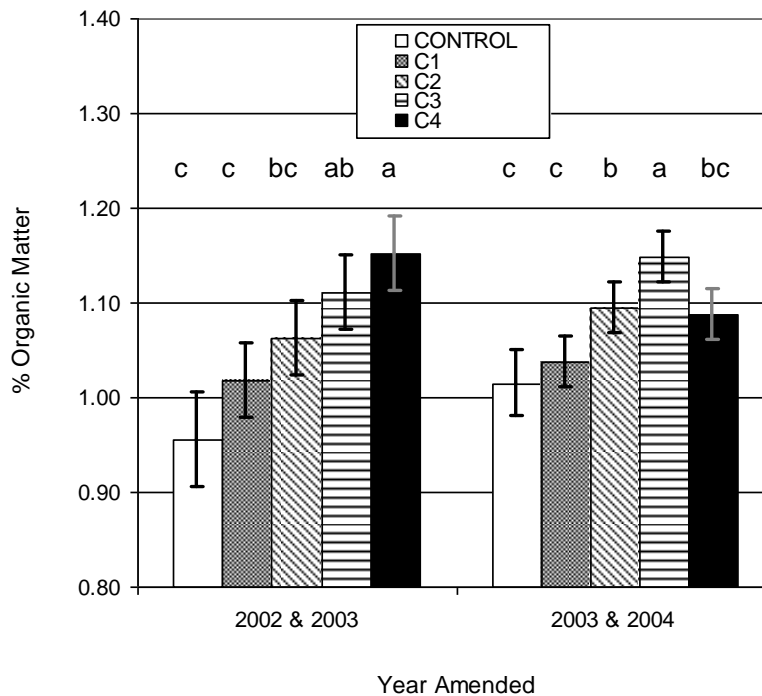


Figure 8. Soil organic matter content one year following two treatment applications as influenced by the wood chip rates averaged over all other treatments. Treatments with C1, C2, C3, and C4 received chips at 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹·yr⁻¹, respectively. Error bars represent \pm SE. Means within each set of amendment years with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

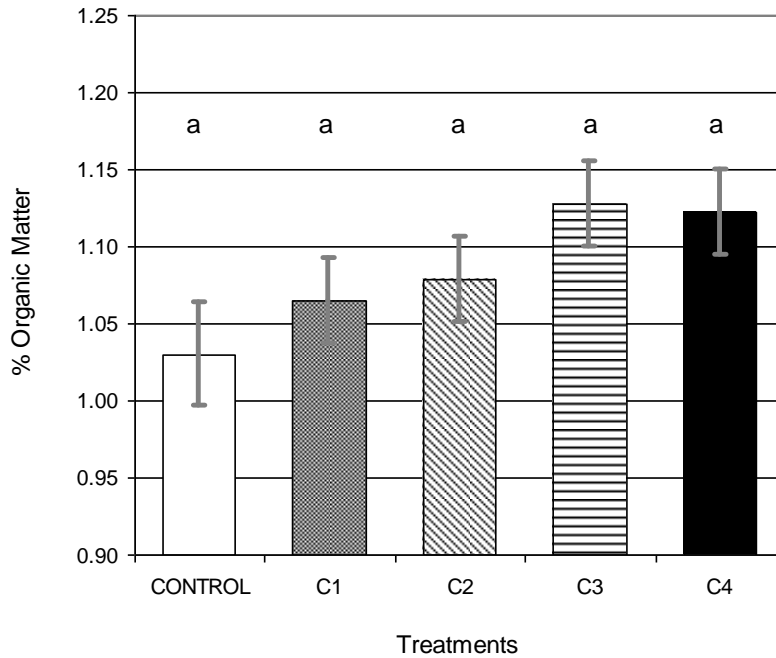


Figure 9. Soil organic matter content one year following three treatment applications as influenced by the wood chip rates averaged over all other treatments. Treatments with C1, C2, C3, and C4 received chips at 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹·yr⁻¹, respectively. Error bars represent ± SE. Means with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Soil organic matter content increased as pecan wood chips inputs increased. The increase in soil organic matter was attributed to the high content of recalcitrant constituents such as lignin in pecan wood that contribute much more to soil organic matter (humus) than organic materials composed of hydrophilic constituents such as protein and plant tissue polysaccharides. Schnitzer (1978) indicated that organic residues rich in recalcitrant constituents such as lignin and other polyphenols decompose more slowly and contribute much more significantly to soil organic matter (humus) than proteins and sugars. Furthermore, Lal (2003) indicated that the use of high-lignin recalcitrant amendments increased soil organic carbon.

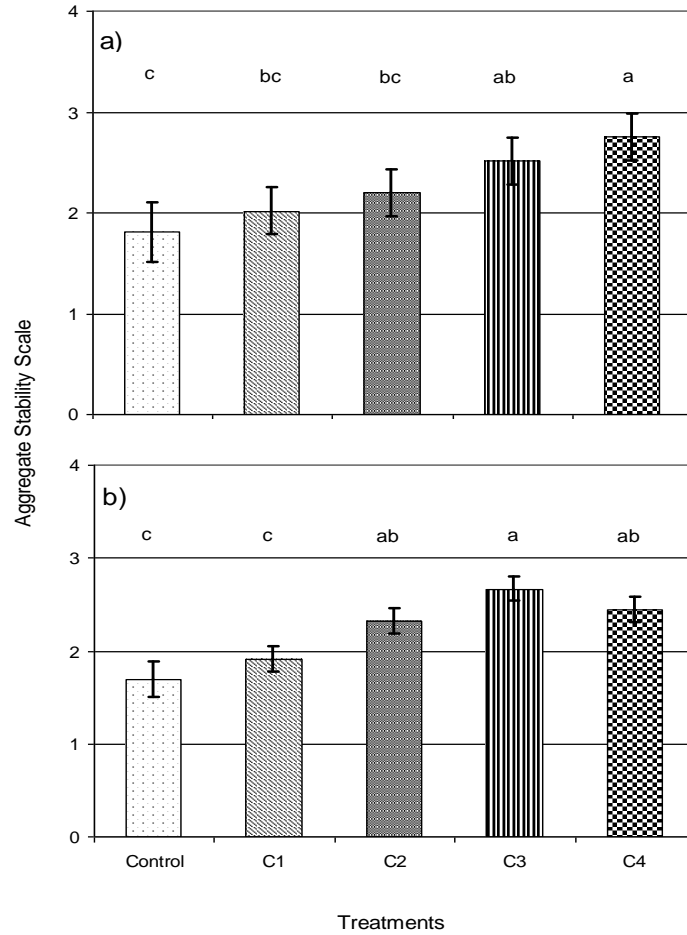


Figure 10. Soil aggregate stability one year (May 2005) following two treatment applications (a) and three treatment applications (b) as influenced by the wood chip rates averaged over all other treatments. Treatments with C1, C2, C3, and C4 received chips at 4,484, 8,968, 13,452, and 17,936 kg·ha⁻¹·yr⁻¹, respectively. Error bars represent ± SE. Means within each set of treatment applications with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Aggregate Stability

Soil aggregate stability three years following one treatment application was not significantly ($p > 0.05$) different in the experimental plots that received treatments in May 2002. Soil aggregate stability one year after two and three treatment applications was statistically higher at the two and three highest wood chip rates averaged over all other treatments, respectively (Figure 10a and b). While the increase in soil aggregate stability with increasing pecan wood chip inputs was significant, the increase in soil

aggregate stability was slow and the aggregate stability values did not exceed 2.75 on the 1 to 6 aggregate stability scale. The increase in aggregate stability was attributed to the high content of hydrophobic constituents such as lignin in pecan wood that are likely to be more effective and longer-lasting aggregate binding agents than organic materials composed of hydrophilic constituents such as root exudates and plant tissue polysaccharides. Aggregate stability is critical in a clayey soil that depends on aggregation for fluid movement.

CONCLUSIONS

Soil incorporation of pecan wood chips had little effect on inorganic (plant available) soil N, P, or K and therefore, poses no significant N, P, or K immobilization risk. For N, this result is substantiated by the observation that the fertilizer N applied to balance the C:N ratio of pecan wood chips was available for plant uptake and was not consumed by soil microorganisms. Pecan growers can incorporate chipped pecan pruning wood of the approximate size and rate (up to 17,936 kg.ha⁻¹) used in this study as an alternative to burning without the fear of immobilization reactions. Supplemental N fertilizer may be necessary to prevent immobilization reactions when the physical size (smaller wood chips) and microbial environment encourage faster decomposition rates.

Wood chip amendments had no effect on soil pH, electrical conductivity, or bulk density following one, two, or three treatment applications and generally had no effect on volumetric water content. Pecan wood chip incorporation enhanced soil organic matter and aggregate stability at the higher application rates. Amendment would likely increase the water holding capacity of coarse-textured soils that have lower water-holding capacities than the silty clay soil used in the current study. Organic matter would likely to continue to accrue with yearly applications. The incorporation of chipped pecan pruning wood improves soil tilth while providing growers with an environmentally benign means of disposal.

Chipping and incorporation is expensive. Depending on the size and quantity of wood and the type of self propelled chipper, the estimated cost for chipping and incorporation in New Mexico is \$296-493 ha⁻¹ while dragging the pruned wood to the end of the field costs \$74-123 ha⁻¹.

REFERENCES

- Alexander, D.B. 1998. Bacteria and Archaea. p. 44-71. In D.M. Sylvia, J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel, and D.A. Zuberer (eds.) Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.
- Bauer, A., and A.L. Black. 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 56: 248–254.
- Blair, G.J., and O.W. Boland. 1978. The release of phosphorus from plant material added to soil. *Aust. J. Soil. Res.* 16:101-111.
- Blake, G.R. 1965. Bulk Density. p. 374-390. In C.A. Black, D.D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, and F.E. Clark (ed.) Methods of Soil Analysis: Part I: Physical and mineralogical properties. Including statistics of measurement and sampling. ASA. Madison, WI.
- Burgess, M.S., G.R. Mehuys, and C.A. Madramootoo. 2002. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1350–1358
- Boggs, L.C., A.C. Kennedy, and J.P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management: effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64: 1651-1659.
- Cabral, D. 2005. A feasibility study for alternatives for the commercial utilization of pecan wood waste from pruning New Mexico Orchards. The New Mexico Manufacturing Extension Partnership, Albuquerque, NM.
- Capriel, P., Beck, T., Borchert, H., and Härter, P. (1990). Relationship between soil aliphatic fraction extracted with supercritical hexane, soil microbial biomass, and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 54: 415-420.
- Cornelius, J. M., D. L. Beeson, M. G. Gomez, W. C. Lindemann, W. G. Whitford, and W. B. Zehner. 1995. Revegetation potential of acidic mill tailings in southwestern New Mexico. p. 218-227. *In: Superfund XVI Conference and Exhibition Proceedings, Vol 1. Nov. 6-8, Washington, D.C.*
- Coyne, D.L. 1999. Soil microbiology: an exploratory approach. Delmar Publishers. Albany, NY.
- Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Workneh, A.H.C. Van Bruggen, C. Shennan. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecol. Appl.* 5: 1098-1112.
- Edmonds, R. 1987. Decomposition rates and nutrient dynamics in small-diameter woody litter in four forest ecosystems in Washington, U.S.A. *Can. J. Forest Res.* 17: 499-509.
- Fioretto, A., C. Di Nardo, S. Papa, and A. Fuggi. 2005. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 37: 1083-1091.
- Foshee, W.G., W.D. Goff, K.M. Tilt, and J.D. Williams. 1996. Organic mulches increase growth of young pecan trees. *HortScience.* 31: 811-812.
- Foshee, W.G., W.D Goff, M.G. Patterson, K.M. Tilt, W.A. Dozier, Jr., L.S Tucker, and J.S. Bannon. 1999. Organic mulches affect soil and leaf nutrient levels of young pecan trees. *J. Arboriculture.* 25: 81-83.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ.
- Herrick, J.E., W.G. Whitford, A.G. de Soyza, J.W. Van Zee, K.M. Havstad, C.A. Seybold, and M. Walton. 2001. Field soil aggregate stability kit for quality and rangeland health evaluations. *Catena.* 44: 27-35.
- Herrmann, A. 2003. Predicting nitrogen mineralization from soil organic matter-a chimera. Swedish Univ. of Agr. Sci., Dept. of Soil Sci., Uppsala, PhD Diss.

- Holtz, B.A. 1999. Wood chipping to reduce air pollution and build soil organic matter. p. 100-101. In 27th annual almond Industry Conf. Proc., 1-2 Dec. 1999. Almond Board of California. Modesto, CA.
- Holtz, B.A., McKenry, M.V. and Caesar-TonThat, T.C. 2004. Wood chipping almond brush and its effect on the almond rhizosphere, soil aggregation and soil nutrients. *Acta Hort. (ISHS)* 638:127-137.
- Kallestad, J. C., J. G. Mexal, and T. W. Sammis. 2008. Mesilla Valley Pecan Orchard Pruning Residues: Biomass Estimates and Value-Added Opportunities. Research Report 764. New Mexico Agricultural Experiment Station. Las Cruces, NM.
- Knudsen, D., G.A. Peterson, and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p. 225-246. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.) *Methods of soil analysis: Part 2: Chemical and microbiological properties*. Monograph Number 9. 2nd ed. ASA. Madison, WI.
- Kong, A.Y.Y., J. Six, D.C. Bryant, R.F. Denison, and C.V. Kessel. 2005. The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 69: 1078-1085.
- Krishna K.R. 2002. *Soil fertility and crop production*. Science Publishers, Inc. Enfield, NH.
- Lal, R. 2003. Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environ. Manage.* 33: 528-544.
- Lamlom, S.H., and R.A. Savidge. 2003. A reassessment of carbon content in wood; variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenerg.* 25(4): 381-388.
- Mackensen, J., J. Bauhus, and E. Webber. 2003. Decomposition rates of coarse woody debris-a review with particular emphasis on Australian tree species. *Austral. J. Bot.* 51: 27-37.
- Magdoff, F. 1992. *Building soils for better crops: Organic matter management*. Univ. Nebraska Press, Lincoln, NB. pp.176.
- Martens, D.A. 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.* 32: 361-369.
- Maynard D.G., and Y.P. Kalra. 1993. Nitrate and exchangeable ammonium nitrogen. p. 25-38. In M. R. Carter (ed.) *Soil sampling and methods of analysis*, Can. Soc. Soil Sci., Lewis Publishers, Ann Arbor, MI.
- Nemati, M.R., J. Caron, and J. Gallichand. 2000. Using paper de-inking sludge to maintain soil structural form: Field measurements. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64: 275-285.
- New Mexico Air Quality Bureau. 2003. Smoke management. Title 20, Chapter 2, Part 65. December 31, 2003. http://www.nmenv.state.nm.us/aqb/regs/20_2_65nmac_123103.pdf
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (ed.) *Methods of soil analysis: Part 2: Chemical and microbiological properties*. Monograph Number 9. 2nd ed. ASA. Madison, WI.
- Oades J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implication for management. *Plant Soil.* 76: 319-337.
- Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (ed.) *Methods of soil analysis: Part 2: Chemical and microbiological properties*. Monograph Number 9. 2nd ed. ASA. Madison, WI.
- Patriquin, D.G., H. Blaikie, M.J. Patriquin, C. Yang. 1993. On-farm measurements of pH, electrical conductivity and nitrate in soil extracts for monitoring coupling and decoupling of nutrient cycles. *Biol. Agr. Hort.* 9: 231-272.
- Paul, E.A., and F.E. Clark. 1989. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.

- Paul, E.A., and N.G. Juma. 1981. Mineralization and immobilization of soil nitrogen by microorganisms. p. 179-195. In F.E. Clark and Rosswall (eds.) *Terrestrial nitrogen cycles, processes, ecosystems, strategies, and management impacts*. Ecol. Bull. 33, Stockholm.
- Pettersen, R. C. 1984. The chemical composition of wood. p. 57-126. In R. Rowell (ed.) *The chemistry of solid wood*. Am. Chem. Soc., Washington, DC.
- Piccolo, A., and J.S.C. Mbagwu. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 63: 1801-1810.
- Reganold, J. P. 1993. Effects of alternative and conventional farming systems on agricultural sustainability. p. 1-5. In J. Bay-Petersen (ed.) *Sustainable Agriculture for the Asian and Pacific Region*. Food & Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan.
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. p. 167-179. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (ed.) *Methods of soil analysis: Part 2: Chemical and microbiological properties*. Monograph Number 9. 2nd ed. ASA. Madison, WI.
- Salas, A.M., E.T. Elliott, D.G. Westfall, C.V. Cole, and J. Six. 2003. The role of particulate organic matter in phosphorus cycling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:181-189.
- Sanborn, P., C. Bulmer, and D. Coopersmith. 2004. Use of wood waste in rehabilitation of landings constructed on fine-textured soils, central interior British Columbia, Canada. *Western J. Appl. Forestry*. 19: 175-183.
- Sartain, J.B., and J.K. Kruse. 2001. *Selected Fertilizers Used in Turfgrass Fertilization*. Florida Coop. Ext. Ser. Institute of Food and Agricultural Sciences CIR1262. Univ. of Florida. Gainesville, FL.
- SAS Institute Inc. 1997. *SAS/STAT® User's guide, version 8*. SAS Institute, Cary, NC.
- Schnitzer, M. 1978. Humic substances: chemistry and reactions. p. 1-64. In M. Schnitzer and S.U. Khan (ed.) *Soil organic matter*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York, NY.
- Smith, F.B., and P.E. Brown. 1990. Cellulose and lignin degradation in forest soils: response to moisture, temperature, and acidity. *Microb. Ecol.* 20: 289-295.
- Smith, M.W., B.L. Carrol, and B.S. Cheary. 2000. Mulch improves pecan tree growth during orchard establishment. *HortScience*. 35: 192-195.
- Tahboub, M. B., W. C. Lindemann, and L. Murray. 2007. Nutrient availability in soil amended with pecan wood chips. *Hort Sci.* 42:339-343.
- Tahboub, M. B., W. C. Lindemann, and L. Murray. 2008. Chemical and physical properties in soil amended with pecan wood chips. *Hort Sci.* 43:891-896.
- Tisdall, J.M., and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141-163.
- Topp, G.C., and P.A. Ferre. 2002. The soil solution phase. p. 417-1071. In J.H. Dane and G.C. Topp (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods*. SSSA. Inc., Madison, WI.
- USDA/NASS. 2008. *New Mexico Agricultural Statistics-Annual Bulletin*. United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service, New Mexico Office.
- USDA/NASS. 2010. *Noncitrus fruit and nuts. 2009 Summary*. July 2010. United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/NoncFruNu/NoncFruNu-07-07-2010.pdf>
- Van Veen, J.A., J.N. Ladd, and M.J. Frissel. 1984. Modeling C and N turnover through the microbial biomass on soil. *Plant Soil*. 76: 257-274.

- Wallace, A., G.A. Wallace, and J.W. Cha. 1990. Soil organic matter and the global carbon cycle. *J. Plant Nutr.* 13: 459-466.
- Webber, L.R. 1978. Incorporation of nonsegregated, noncomposted solid waste and soil physical properties. *J. Environ. Qual.* 7: 397-400.
- Weil, R.R., and W. Kroontje. 1979. Physical condition of a Davidson clay loam after five years of heavy poultry manure applications. *J. Environ. Qual.* 8: 387-392.
- Werner, M.R. 1997. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard management. *Appl. Soil Ecol.* 5: 151-167.

Capítulo VII

RIEGO AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES, DISEMINADOR DE PATOGENOS EN EL VALLE DE JUÁREZ

Barragán-Camacho Diego¹, Olivas Enríquez Evangelina¹, Flores-Márgez Juan Pedro¹.

Departamento de Ciencias Básicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
¹Correo-E bcd2787@gmail.com.

RESUMEN

El Valle de Juárez, Chihuahua, es una zona agrícola regada con aguas residuales tratadas que reciben tratamiento primario. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad microbiológica del agua residual utilizada para el riego. Se analizaron 11 muestras de agua utilizando como indicadores de contaminación fecal a los enteroparásitos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*, los que se detectaron mediante una técnica de separación inmunomagnética seguida por tinción con inmunofluoresceína, para su identificación y conteo. Los resultados mostraron altos números de ambos parásitos en el 100 % de las muestras a pesar de su tratamiento, indicando que el agua de riego representa un riesgo sanitario para los trabajadores agrícolas y los pobladores, actuando como fuente de enteropatógenos en el área.

Palabras Clave. *Cryptosporidium*, *Giardia*, aguas residuales, agua de riego contaminada.

SUMMARY

Valle de Juárez, Chihuahua is an agricultural area irrigated with wastewater, just primary treatment. The aim of this study was to determine the microbiological quality of wastewater used for irrigation. There were analyzed 11 water samples, using as indicators of fecal contamination the enteropathogens *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia*, which were detected by an immunomagnetic separation

technique followed by immunofluorescence staining for identification and counting. The results showed a high number of both parasites in 100% of the samples in spite of treatment, indicating that irrigation water is a health hazard for farm workers and residents, acting as a source of enteropathogens in the area.

Index Words. *Cryptosporidium, Giardia, wastewater, irrigation water pollution.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente la escasez del agua para riego, como en el Valle de Juárez, Chihuahua, genera la necesidad de continuar como fuente principal de riego las aguas negras o residuales para el aprovechamiento de este recurso, factor que conduce a la población a una exposición a diversos patógenos, sobre todo intestinales (Abreu et al., 2002; Di Giovanni *et al.*, 2006; Flores, 2006). Este riesgo se ha incrementado en los países en desarrollo, donde aun no existen regulaciones adecuadas al respecto, considerando que los estándares de los países desarrollados no son aplicables en zonas con características diferentes (Martijn y Redwood, 2005).

La sobrevivencia de los enteropatógenos procedentes del agua de riego y depositados en el suelo puede fluctuar de días a años, siendo diseminados en diferentes formas hasta alcanzar cuerpos de agua superficiales o subterráneos, como *Cryptosporidium* que persiste por meses (Robertson, 1992). Los peligros para la salud asociados con el uso de aguas residuales pueden ser directos e indirectos, el de salud rural y el problema de seguridad para las personas que trabajan en la tierra o que viven en o cerca de la tierra donde se desarrolla el agua utilizada, y el riesgo de que los productos contaminados por las aguas residuales, pueden infectar a los seres humanos o animales, a través del consumo o la manipulación de los productos alimenticios o por contaminación secundaria humana por consumir alimentos de animales que utilizan la zona (Anónimo, 2003). En la Guía para reúso del agua en agricultura, de la Organización Mundial de la Salud, se consideran tres enfoques para elaborar directrices sobre la calidad microbiológica de aguas residuales tratadas reutilizadas en la agricultura. Dichos enfoques apuntan a resultados como la ausencia de organismos indicadores fecales en las aguas residuales, ausencia de exceso medible de casos de enfermedades entéricas en la población expuesta y un riesgo estimado de modelos generados por debajo de un riesgo aceptable definido (Blumenthal *et al.*, 2000). Por otro lado, ha sido observado que los huevos de helmintos presentes han sido uno de los principales riesgos para la salud desde hace 20 años, sin embargo, muy poco se ha hecho al respecto (Jiménez, 2007). En México se riegan aproximadamente 28 mil hectáreas con aguas negras, lo cual

conlleva además de los riesgos mencionados, infiltraciones que contaminan los acuíferos y excedentes de riegos que llegan a otros cuerpos de agua. Es necesario que en el momento de diseñar un proyecto de riego con aguas residuales tratadas se tomen en cuenta aspectos técnicos, sanitarios y legales. El agua de riego en El Valle de Juárez solo presenta tratamiento primario en las plantas tratadoras (García y Flores, 2008).

El presente estudio se realizó con el fin de determinar la calidad microbiológica del agua utilizada en el riego agrícola del Valle de Juárez, Chihuahua, mediante la detección y conteo de los organismos indicadores *C. parvum* y *G. lamblia*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 11 muestras de agua residual tratada, tomadas directamente del canal de riego que atraviesa las 15 localidades que conforman el Valle de Juárez. Se identificaron los (oo) quistes de *C. parvum* y *G. lamblia* mediante una técnica basada en el método recomendado por la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2005) que consiste en la concentración de una muestra de 10 L de agua por ultrafiltración utilizando una bomba peristáltica y un micro filtro de cartucho (AHP-1010 Microza, Pall Corp.). A continuación se efectúa la separación inmunomagnética de los (oo) quistes de los parásitos mediante la utilización de anticuerpos específicos para *C. parvum* y *G. lamblia* del juego de reactivos IMS (Aureon Systems). Al final se someten a una tinción con anticuerpos específicos marcados con fluoresceína (A100FLK Aqua-Glo G/C) para ambos parásitos y por último se efectúa la identificación y conteo de los parásitos al microscopio de epifluorescencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de 11 muestras del agua residual usada para riego, encontrándose los parásitos indicadores de contaminación fecal en el 100% de las muestras analizadas. La mayor concentración de *C. parvum* fue de 104 en la muestra número 7 tomada en la localidad El Millón, mientras que la más baja se presentó en dos muestras tomadas en la misma localidad obteniendo 5 ooquistes por cada 10 L de agua. Para el parásito *G. lamblia*, la mayor concentración de quistes se presentó en la muestra número 4 tomada en la localidad de la Caseta con 52, mientras que la muestra número 7 tomada en El Millón sin presencia de quistes. En la muestra 8, tomada en la salida de la Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR) sur, se detectó una alta cantidad de (oo) quistes tanto de

C. parvum como de *G. lamblia*, un poco menor que en la muestra 10 tomada directamente en una porción del canal en la localidad de Loma Blanca, influyendo probablemente la dilución del agua al correr por el canal. Los resultados muestran evidencia de que en Ciudad Juárez aun se carece de una apropiada infraestructura para el adecuado tratamiento de aguas residuales mostrando que estas pueden convertirse en un serio problema de salud pública al ser utilizadas para el riego de las zonas agrícolas de la ciudad (Di Giovanni *et al.*,

Cuadro 1. Número de (oo) quistes en muestras de agua residual tratada, en distintas localidades del Valle de Juárez, Chihuahua.

Muestra	Fecha	Localidad	Cryptosporidium	Giardia
MS-01	27/Sep/08	L. B.	5	10
MS-02	04/Oct/08	S. A.	36	15
MS-03	08/Dic/08	D. P. P.	17	26
MS-04	08/Dic/08	C.	23	52
MS-05	08/Ene/09	B.	87	24
MS-06	08/Ene/09	G. D. B	57	10
MS-07*	06/Abr/09	E. M.	104	-
MS-08	30/Abr/09	PTAR Sur	71	43
MS-09	30/Abr/09	E. M.	19	22
MS-10	13/Jun/09	L. B.	5	9
MS-11	29/Jun/09	P.	16	10

*En la muestra MS-07 no hay dato para Giardia porque no se uso el reactivo.

2006; García y Flores, 2008). La metodología utilizada para la detección de *C. parvum* y *G. lamblia* tiene un porcentaje de recuperación de aproximadamente el 50 % de los parásitos, resultando una concentración menor al número real. El numero de estos organismos para que el agua se considere potable de acuerdo con la USEPA, debe ser cero, por lo que su hallazgo en aguas para riego indica una alta inseguridad sanitaria, aunque en México aun no existen regulaciones específicas para la contaminación de agua con *Cryptosporidium* o *Giardia*, considerados muy importantes no solo por ser parásitos sino por su alta resistencia en el ambiente acuático (González, 2007). De acuerdo con la literatura, en los países desarrollados el principal objetivo del tratamiento es la remoción de materia orgánica y nutrientes, pues los enteropatógenos son excepcionales; los resultados de este estudio coinciden con otros, respecto al alto número de parásitos en aguas residuales con tratamiento inadecuado, y que en los países en desarrollo, el objetivo prioritario de tratamiento debería ser la

remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos que ocasionan enfermedades endémicas (Moscoso y León, 1994).

CONCLUSIONES

El 100% de las muestras de agua para riego mostro altos conteos de los parásitos indicadores de contaminación fecal *Cryptosporidium* y *Giardia*. Estos resultados se traducen como una posible presencia de otros organismos enteropatógenos de todos tipos. Se considera que el agua residual con tratamiento solo primario, usada en el riego del Valle de Juárez, Chihuahua, es una fuente constante de enteropatógenos que se diseminan y contaminan el ambiente en general, con riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas y los pobladores del área, igual que los productos agrícolas para consumo humano. El objetivo prioritario de tratamiento de las aguas de reuso para agricultura debería ser la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos que ocasionan enfermedades endémicas. El gobierno, las instituciones académicas, los grupos ecologistas y el sector privado pueden colaborar con el fin de solucionar el problema del tratamiento de las aguas residuales en estas comunidades.

LITERATURA CITADA

- Abreu, N., Martin, M., Ortega, A., del Castillo, A., Aguiar, E., & Valladares, B. 2002. Presencia de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium spp.* en aguas residuales depuradas reutilizadas para riego agrícola en las islas de Tenerife, España. Efectos del transporte a larga distancia sobre la calidad del agua reutilizada. *Rev. Salud ambiente* (1), 2-7.
- Anónimo. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domesticas. 2003. En Anónimo, *La reutilización de aguas residuales* pp. 212-223. Red Iberoamericana de potabilización y depuración del agua.
- Blumenthal, U., Mara, D. Peasey, A. Ruiz-Palacios G. y Stott, R. 2000. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bull. WHO.* 78(9): 1104-1116. ([http://www.who.int/bulletin/archives/78\(9\)1104.pdf](http://www.who.int/bulletin/archives/78(9)1104.pdf) accesado en enero 2010)
- Flores, M.J.P. 2006. Aguas residuales utilizadas en la producción agropecuaria en el Valle de Juárez, Chihuahua. pp. 55-67. *In:* Editor, Jorge A. Salas Plata: Nuevos estudios sobre agua y medio ambiente en Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Vol III.
- García, M. E.D. y J.P. Flores M. 2008. Calidad del agua residual y freática en el Valle de Juárez, Chihuahua. pp. 127-156. *In:* Editor, Jorge A. Salas Plata: Nuevos estudios sobre agua y medio ambiente en Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Vol IV.
- González, F.J. 2007. Gestión del Agua y Regulación en México: Historia y Presente. Seminario Internacional. Gestión y Regulación de los Servicios de Agua Potable y saneamiento. Ciudad de Mexico.
- Jimenez, B. 2007. Helminth ova removal from wastewater for agriculture and aquaculture reuse. *Water Sci Technol*

55(1-2): 485–493

- Lonigro, A., Pollice, A., Spinelli, R., Bernilli, F., Di Cave, D., Dórazi, C., Cavallo, P., Brandonisio, O. 2006. Giardia Cysts and Cryptosporidium oocysts in membrane-filtered municipal wastewater used for irrigation. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. (72). 7916-7918.
- Luna, S., Reyes, L., Chinchilla, M., & Catarinella, G. 2002. Presencia de ooquistes de Cryptosporidium spp. en aguas superficiales en Costa Rica. *Parasitol Latinoam* (57) , 63-65.
- Martijn, E. y Redwood, M. 2005. Wastewater irrigation in developing countries - limitations for farmers to adopt appropriate practices . *Irrigation and Drainage* 54(S1): S63 - S70
- Moscoso J. y León G. 1994. CEPIS/OPS-HDT 59: Uso de Aguas residuales. Hojas de Divulgacion Tecnica. C:\Users\eva\Contacts\Desktop\Agua revis literat\CEPIS-OPS-HDT 59 Uso de aguas residuales. www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/.../hdt/hdt059.html
- Robertson L.J., Cambell A.T., y Smith H.V. 1992. Survival of Cryptosporidium parvum Oocysts under Various Environmental Pressures. *Appl. Environm. Microbiol.* 58 (11): 3494-3500
- USEPA, 2005. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/microbes/1623de05.pdf> (Consultado el 15 de febrero, 2010).

Capítulo VIII

EFFECTO DE LA SOLARIZACIÓN DEL ESTIERCOL DE BOVINO Y OVINO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE FÓSFORO POR EL TRITICALE (X *Triticosecale* Wittmack)

Solarization of bovine and ovine manure in the utilization of phosphorus by triticale (X *triticosecale* Wittmack)

Héctor Idilio Trejo Escareño¹, José Ascención Toca², Ramírez, Jacinto Toca Ramírez², Enrique Salazar Sosa¹, José Dimas López Martínez¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, fazujed@yahoo.com.mx,

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar el efecto de la solarización de estiércol de bovino y ovino sobre el valor nutricional y captura de fósforo en el forraje de triticale, se desarrollo un experimento factorial 2X2X4, dos tipos de estiércol (bovino y ovino), dos tratamientos, (no solarizado y solarizado) y cuatro niveles de aplicación (0, 80, 120 y 160 ton ha⁻¹) con tres repeticiones. El estiércol se solarizo por un espacio de 90 días, utilizado estiércol de bovino lechero alimentado con pradera, alfalfa y concentrado, y estiércol de ovino alimentado con pradera. Para la solarización se utilizo hule de 1m de ancho, trasparente y sin albedo para cubrir el estiércol. Los resultados encontrados muestran que el estiércol solarizado tiene un efecto positivo en la producción de forraje, en las condiciones de este experimento se logro obtener una producción de materia seca de 6,173 kg ha⁻¹ con el estiércol de ovino solarizado a dosis de 120 kg ha⁻¹, mientras que el testigo solo alcanzo una producción media de 2,049 kg ha⁻¹, Los tratamientos con estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente de 120 kg ton⁻¹ mostraron mayores producciones extras de nutrientes, los incrementos encontrados son de 605 kg ha⁻¹ de proteína, 97 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 2,555 kg ha⁻¹ de FDA, y un total de 1,830 kg de celulosa ha⁻¹, en comparación con los

tratamientos testigos que sólo alcanzaron 242 kg ha⁻¹ de proteína, 859 kg ha⁻¹ de FDA y 622 kg ha⁻¹ de celulosa. En relación al fósforo los tratamientos a base de estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente de 160 kg ton⁻¹ lograron capturar 45.6 kg de fósforo ha⁻¹ mientras que los tratamiento testigo solo lograron capturar 9.6 kg de fósforo ha⁻¹.

Palabras Clave: *Agricultura orgánica, estiércol bovino y ovino, fósforo, triticale.*

SUMMARY

With the purpose to study the effect of the solarization of manure of bovine and ovine upon the value nutritional and capture of match in the fodder of triticale, themselves development an experiment factorial 2X2X4, two types of manure (bovine and ovine), two treatments (not solarized and solarized) and four levels of application (0, 80, 120 and 160 ton ha⁻¹) with three repetitions. The manure himself solarizo by a space of 90 days, utilized manure of bovine milkman fed with meadow, alfalfa and concentrated, and manure of ovine fed with meadow. For the solarization is utilized oilcloth of 1m of thickness to cover the manure. The results found show that the solarization has a positive effect in the production of fodder, in the conditions of this experiment herself achievement to obtain a dry production of matter of 6,173 kg ha⁻¹ with the manure of ovine solarized to dose of 120 kg ha⁻¹, while the alone witness I reach an average production of 2,049 kg ha⁻¹, The processing with manure of ewes solarized to dose Kg ton⁻¹ they showed greater productions extras of nutrients, the increments found are of 605 kg ha⁻¹ of protein, 97 kg ha⁻¹ of nitrogen, 2,555 kg ha⁻¹ of FAD, and a total of 1,830 kg ha⁻¹ of cellulose, in comparison with the processing witnesses that only reached 242 kg ha⁻¹ of protein, 859 kg ha⁻¹ of FAD and 622 kg ha⁻¹ of cellulose. Relating to the match the based on processing manure of ovine solarized to equivalent dose of 160 kg ton⁻¹ achieved to capture 45.6 kg of match by ha⁻¹ while the alone processing witness achieved to capture 9.6 kg of match by ha⁻¹.

Key words: *Organic agricultural, Manure, bovine and ovine manure, phosphorus*

INTRODUCCIÓN

En general las regiones áridas y semiáridas tiene el problemas de una carencia de forrajes, por carecer principalmente de agua suficiente para su producción a demás de las condiciones ambientales características de estas regiones, como alternativa a los forrajes que en la

actualidad se producen en estas regiones ha surgido la producción de triticale, como un forraje de gran adaptabilidad a condiciones climáticas desfavorables para otros cereales.

Agricultura Orgánica

Tres de los principales problemas a mediano plazo que enfrenta la sociedad, son la de obtener combustibles confiables, el incremento de gases en la atmósfera y un sistema agrícola que sea capaz de sostener la producción a tasas necesarias para alimentar a la población mundial creciente. (IPCC, 2001), U.S. Department of Energy (DOE) Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2002. El sistema de producción de alimentos que integra los aspectos humanos, económicos, recursos naturales y el medio ambiente, para maximizar la calidad de los productos agrícolas y los recursos naturales renovables se conoce como agricultura orgánica (Ramírez *et al*, 2004).

El principio de la agricultura orgánica moderna se atribuye generalmente a los escritos de Albert Howard y Eve Balfour en los 1940s, los cuales exponen que la salud de las plantas, la tierra, ganado y gente están relacionadas. Por esta razón, las prácticas de cultivo deben estar en armonía con la naturaleza usando productos de la granja. Posteriormente la agricultura orgánica fue popularizada por J. I. Rodale evocando un aprovechamiento de las granjas a través de un entendimiento de los sistemas naturales (Klonsky y Tourte, 1998).

En los 60`s y 70`s se incluye la relación entre agricultura y la conservación de los recursos enfatizando en el uso de los recursos limitados no renovables. Por los 80s, creció un público consiente de los impactos negativos de la agricultura convencional y proliferaron términos tales como, bajo ingreso, ecológico, sostenible, para describir una agricultura que es benigna para el entorno, económicamente sana y socialmente justa, finalmente, el término sostenible engloba todos los otros términos, incluyendo orgánico (Klonsky y Tourte, 1998). El concepto de desarrollo sustentable, tal como se difunde actualmente, puede ubicarse en 1983, cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, presidida por Gro Harlem Brundtland, y se le denominó Comisión Brundtland. En el Informe Brundtland se define el concepto de “Desarrollo Sustentable” de la siguiente manera: “El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades” (Ramírez *et al.*, 2004), por lo que el sistema de agricultura sustentable se vislumbra desde tres enfoques diferentes; a) autosuficiencia alimentaria, b) calidad y cuidado al ambiente y c) agricultura sustentable dentro de una comunidad determinada (Aderson, 1988, citado por Tamez, 2001).

El Fósforo en el estiércol

Debido a que uno de los principios de la agricultura orgánica es el uso de productos de la granja (Klonsky y Tourte, 1998). Las excretas del ganado y la composta son aplicados a la tierra para adicionar materia orgánica y de nutrientes y que mejorar las propiedades físicas del suelo, por influir de manera importante sobre la infiltración del agua y el control de la erosión; Además el abono ha mostrado que puede suprimir algunos patógenos en el suelo (Van Horn, 1995 citado por Karen Klonsky y Tourte, 1998). Los efectos residuales de la materia orgánica en las propiedades del suelo pueden contribuir a mejorar la calidad del suelo por algunos años después de que la aplicación ha cesado, incrementos en los niveles del suelo de N, P, K, pH y niveles de C puede aumentar el rendimiento de la cosecha después de algunos años de su aplicación (Eghball et al., 2004). La aplicación de estiércol o composta de estiércol resulta en un incremento en la concentración de nutrientes y de materia orgánica en el suelo (Chang et al., 1991; Eghball, 2002). Con efectos residuales significativos ya que se han observado estos efectos con aplicaciones de estiércol de ganado lechero a niveles que varían dentro de un rango de 22.5 a 270 ton en peso seco ha⁻¹ (530- 6400 Kg de N ha⁻¹) Aunque los mejores incrementos en las cosechas se han observado a niveles dentro de un rango que va de dentro de 180 a 270 ton ha⁻¹. Cuatro años después de la aplicación, el efecto residual de una sola aplicación de estiércol de ganado de engorda en proporciones que varían de 123 a 590 ton de estiércol seco ha⁻¹ (1,280 - 6,140 kg N ha⁻¹) resultan en un incremento cuadrático en la producción de grano (Eghball et al., 2004).

De esta manera se justifica el uso de estiércol como fuente de nutrientes de uso agrícola. En este documento se define el estiércol como las heces y la orina tal como lo vierte el animal y no incluyen material de cama (ASAE, 1993).

El promedio de estiércol eliminado por las vacas con promedios de producción de 29 kg d⁻¹ de leche es 89 Kg d⁻¹ por cada 1000 kg de peso corporal y 60 kg de heces por cada 1000 kg de peso corporal, para vacas con producciones de leche de 14 kg/d producen en promedio 65.9 kg de estiércol por cada 1000 kg de peso vivo y 41 kg de heces por cada 1000 kg de pesos corporal, para vacas no lactantes una producción de estiércol de 34.8 kg/d por cada 1000 kg de peso corporal y 15.1 kg d⁻¹ de heces por cada 1000 kga de peso corporal, para bovinos en crecimiento y de reemplazo, una producción de estiércol de 67.5 kg d⁻¹ por cada 1000 kg de peso corporal y una cantidad de heces de 32.6 kg d⁻¹ por cada 1000 kg de pesos corporal (Wilkerson *et al.*, 1997). En promedio las dietas para vacas lechera en E.E. U.U contienen 4.8 g kg⁻¹ de fósforo, mientras que solo se necesitan 3.8 g kg⁻¹ para optimizar la producción y eficiencia reproductiva, una baja de 6.5 a 4.5 g P kg⁻¹ para dietas de ganado lechero no influye de

manera consistente sobre la producción ni sobre la reproducción (Brodison et al., 1989; Satter y Wu, 1999).

El Fósforo en el suelo

La masa total de fósforo en el planeta se estima en 10^{19} toneladas, de las cuales 10^{15} toneladas están en la corteza terrestre y 10^{11} ton se encuentran en los mares y océanos, y al ritmo actual de uso se estima una reserva para un período de 600 a 1000 años. Sin embargo este período puede ser alargado debido a empleo de abonos racionales y especialmente el reciclado del fósforo contenido en los desechos y efluentes urbanos y cuando estas reservas se agoten el reciclado será la única posibilidad de satisfacción de las necesidades de la humanidad en el futuro (Castillon, 2005)

Algunos resultados muestran que la aplicación de estiércol al suelo cambia el P de la forma Al^- y Fe^- a productos de la reacción Ca-P. Respondiendo para un relativamente mayor Mehlich-3, pero bajo P extraíble por agua. Este cambio tiene implicaciones para las pruebas ambientales de P, ya que Mehlich-3 P ha mostrado sobre estimar las pérdidas potenciales de P en los fluidos de la tierra fuertemente estercoladas, puede ser explicada a través de la disolución de minerales Ca-P no solubles en agua. (Sharpley *et al.*, 2004). Mediciones en agregados del suelo Resin P, fósforo soluble en agua y la capacidad buffer del P, cuando dos tamaños de agregados fueron mezclados el P soluble en agua liberado por una fracción puede ser absorbido por otra fracción, esta reabsorción de P puede resultar en una baja que el esperado que la concentración de P en la solución en algunas aguas superficiales (Maguire et al., 2002). La retención de fósforo está relacionada de manera negativa con el contenido de caolinita (Penn *et al.*, 2005).

Los hongos pueden ser los responsables de la inmovilización del fósforo, el fósforo disponible de residuos de plantas está afectado por la relación inicial de fósforo del residuo y la transformación microbiana ocurrida durante la descomposición de los residuos de las plantas, la inmovilización del fósforo por los microorganismos, el fósforo movilizado por los microorganismos y la mineralización de subproductos microbianos, parecen ser los principales factores que regulan el ciclo del fósforo y del fósforo disponible para las plantas, la cantidad de fósforo inmovilizado en residuos en descomposición puede ser responsable de hasta un 70 % del aumento en la cantidad de fósforo en los residuos agrícolas (Salas et al., 2003).

La incorporación de residuos de plantas al suelo influye fuertemente la cantidad de fósforo unido a partículas de materia orgánica, los cambios en esta materia orgánica pueden ser usados para describir la relación inicial de fósforo de los residuos de las plantas y la transformación microbiana del sustrato

durante la descomposición. Cambios en la cantidad de fósforo unido a materia orgánica indica una iniciación rápida de la liberación de fósforo de los residuos seguido por una acumulación de fósforo sugiriendo una inmovilización microbiana del fósforo de los residuos descompuestos, como resultado de esta inmovilización del fósforo y dependiendo del tipo de residuo, arriba del 30 % del fósforo de la planta fue retranslocado en los residuos en descomposición durante el proceso de descomposición, una correspondencia entre el incremento del fósforo unido a materia orgánica y la colonización fúngica sugiere un posible papel de los hongos del suelo en el proceso de inmovilización del fósforo en los procesos de descomposición de residuos, el cual sería de gran importancia en suelos ácidos en donde predominan los hongos a la bacterias (Salas et al., 2003).

El Fósforo en el Triticale

Jondreville et al. (2007), evaluaron 30 variedades y algunas líneas seleccionadas de triticale desarrolladas en condiciones similares, encontrando una concentración promedio de fósforo de 2.86 ± 0.31 g/kg y de este un 77 % fue de origen fítico y con una actividad fítica de 1018 ± 319 de unidades de fítica (PU)/kg

El trigo duro *Triticum turgidum var. durum* y el triticale *XTriticosecale Wittmack* se reconocen por tener una gran eficiencia para el fósforo, ya que proporcionan mayores producciones que otros granos cuando se cultiva con niveles bajos o altos de fósforo (Ortiz-Monasterio, 2002). El fósforo disponible no afecta la proteína del forraje de triticale, sin embargo aparentemente se requiere más nitrógeno para maximizar la remoción de fósforo que el que se requiere para maximizar la producción. (Brown, 2009). El Cultivo de triticale es utilizado por los ganaderos lecheros de Idaho con dos propósitos, producir forraje y remover el fósforo por el forraje cosechado. La producción de biomasa varía de 3.9 a 14.7 t ha⁻¹. (1.58 a 5.95 t acre⁻¹), y la cantidad de fósforo que remueve varía de 7.85 a 40.4 Kg ha⁻¹ (7 a 36 lb acre⁻¹) de fósforo. El Contenido total de fósforo en el triticale varía ampliamente de 0.18 a 0.53 % con una media de 0.33%. La gran variabilidad del contenido de fósforo en el triticale ocurre en suelos con un rango de concentraciones de fósforo de 8 a 432 ppm., y está bien relacionado con el contenido de fósforo de suelo ($r^2= 0.88$) (Brown et al., 2009).

Solarización

Las enfermedades de las cosechas pueden ser controladas por la aplicación planeada previamente de pesticidas, incluyendo bromuro del metilo, de fumigantes, chloropicrin, sin embargo el uso de estos materiales, a menudo indeseable debido a su toxicidad para los animales y la gente, su toxicidad

residual en plantas y tierras, la complejidad para el tratamiento de la tierra, y de su costo alto, como alternativa surge la solarización para el control de plagas (Elmore et al., 1997b; Zinati, 2002). El bromuro de metilo es un plaguicida de amplio espectro para eliminar plagas que van de microorganismos patógenos y nematodos del suelo a insectos y roedores que afectan los productos almacenados o las instalaciones sin embargo cuando el bromuro de metilo llega a la estratosfera, el bromo resultante de la ruptura de la molécula es destructivo de la capa de ozono (Batchelor, 1998).

Dentro de los principios de la agricultura orgánica, está el uso de productos de la granja (Klonsky y Tourte, 1998). Las excretas del ganado y la composta son aplicados a la tierra para adicionar materia orgánica y nutriente y además para mejorar las propiedades físicas del suelo, por influir de manera importante sobre la infiltración del agua y el control de la erosión; el abono también ha mostrado que puede suprimir algunos patógenos en el suelo (Klonsky y Tourte, 1998). Como una alternativa al uso de químicos surge la solarización es un proceso en el que la temperatura se incrementa usando la radiación solar como fuente de energía (Khalid et al., 2006). La solarización del suelo combinado con materia orgánica es una alternativa sustentable a la fumigación con bromuro de metilo (methyl bromide) o al uso de herbicidas para el control de hierbas e incrementar la producción de melón (Lira-Saldivar et al., 2004). La solarización del suelo, abonados con composta de pollo da buenos resultados para el control de patógenos y alto rendimiento de lechuga y tomate, que cualquier tratamiento sólo (Gamliel and Stapleton 1997). El calor de solarización decrece patógenos e incrementa los nitratos en el suelo (Elmore et al., 1997a)

La solarización es un proceso hidrotérmico de desinfección del suelo para eliminar las plagas de las plantas, esto se logra por calentamiento solar pasivo, la solarización ocurre por una combinación de mecanismos físicos, químicos y biológicos y es compatible con muchos otros métodos de desinfección para proporcionar un manejo integrado de plagas (Stapleton, 2000). La solarización es económicamente compatible con otras tácticas de manejo de plagas, por lo que puede ser integrado rápidamente a sistemas estándares de producción, y una alternativa válida a la fumigación (Chellemi et al., 1997). La solarización del suelo es un método efectivo para el control de muchos insectos, enfermedades y malas hierbas del suelo ya que el número de patógenos puede reducirse de 89 a 100 % (Sikora et al., 2009; Stapleton et al., 1997).

MATERIALES Y METODOS

Sitio de trabajo

El presente estudio se llevo a cabo en el Valle de Durango, México, en una latitud y longitud de 23° 57' 09.26 N, y 104° 33' 39.5 O con una altura de 1875 msnm, durante la primavera del 2008. Para ellos se solarizo estiércol de vacas lecheras del establo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia alimentadas a base de pradera *de lolium perene* y concentrado con 17 % de proteína y de ovino de la misma facultad o alimentados con pradera de *lolium perene*, recolectado en fresco, y se expuso al sol cubierto con hule especial para solarizar durante 90 días y concentrado del 17 % de proteína, después de la solarización, durante 3 meses y se aplicaron a niveles de 80, 120 y 160 t ha⁻¹, después de la siembra del triticale equivalente a 60 kg ha⁻¹, previo preparación de la tierra con rastreado.

Los tratamientos se muestran en el cuadro 1, las parcelas se irrigaron con agua rodada cada 10 días a todas las parcelas para que el agua no fuera limitante, la primer medición de la altura del triticale se realizo a los 30 días después de la siembra y posteriormente a los 42, 49 y a los 59 días después de la siembra, el día 59 corresponde al momento en que los granos se encontraban en estado lechoso masoso. Al final del crecimiento se determino, el número de hijos por planta, número y peso de semillas por planta, peso del tallo, peso de las hojas, longitud de la raíz al ser tirada la planta con la mano después de un día de riego. Las muestras de las plantas se deshidrataron y se molieron para la determinación del contenido de proteína cruda, método Kjendal, FDA, celulosa, lignina detergente ácido y ceniza insoluble en detergente ácido por los métodos propuestos por Van Soest, 1980, contenido de fósforo en semilla, tallo y hoja por el método vanadato molibdato, como se describe más adelante. De estas muestras también fueron utilizadas para estimar el rendimiento de forraje ha⁻¹.

También se tomaron muestras de suelo a profundidades de 20, 40, 60 y 80 cm, al inicio del experimento y posteriormente a los 30 y 60 días después de la siembra, con un tomador de muestras se "saca bocado". Las muestras de suelo se colocaron en bolsas de plástico debidamente marcadas para su traslado. Posteriormente se deshidrataron a la sombra, colocadas en papel, se tamizaron y se colocaron en vasos de desechables para su análisis químico. El suelo se analizo para la determinación de fósforo método vanadato molibdato, pH utilizando un ph-imetro portátil y la densidad, con el fin de determinar la filtración del fósforo a otras profundidades de la tierra, y para ver si existe alguna relación con los contenidos de fósforo del suelo con los contenidos de fósforo de las paltas del triticale.

Análisis de Laboratorio

Preparación de la muestra para los análisis químicos.

Las muestras se colectaron en las parcelas experimentales cuando el grano se encontraba en estado lechosos mazozo, se colocaron en bolsas de papel de 45X25 cm para su traslado al laboratorio. En el laboratorio una parte de las muestras se separaron cuidadosamente en sus partes, las semillas, los tallos y las hojas en fresco, posteriormente se deshidrataron en estufa a temperatura constante a 45 °C hasta obtener un peso constante, posteriormente se molieron en licuadora para obtener una muestra básica homogénea. Esta muestra básica homogénea se etiqueto y almaceno para ser utilizada en los análisis químicos posteriores. El resto de las muestras se deshidrataron a temperatura ambiente a la sombra, para posteriormente ser molidas, pesadas y empacadas para análisis.

Los resultados se analizaron utilizando un diseño completamente al azar, con arreglo factorial, para cuatro niveles de estiércol, 0, 80, 120, 160 ton ha⁻¹, con dos tratamientos solarizado y no solarizado, dos fuentes de estiércol, de bovino y de ovino, con tres repeticiones, utilizando el paquete estadístico SAS, 9.1. También se realizaron análisis de regresión utilizando el programa NCSS 2001.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos del experimento

Testigo	Estiércol de Bovino						Estiércol Ovino					
	Solarizado			Sin solarizar			Solarizado			Sin solarizar		
	0	80	120	160	80	120	160	80	120	160	80	120
T ₁	BS80 ₁	BS120 ₁	BS160 ₁	BSS80 ₁	BSS120 ₁	BSS160 ₁	OS80 ₁	OS120 ₁	OS160 ₁	OSS80 ₁	OSS120 ₁	OSS160 ₁
T ₂	BS80 ₂	BS120 ₂	BS160 ₂	BSS80 ₂	BSS120 ₂	BSS160 ₂	OS80 ₂	OS120 ₂	OS160 ₂	OSS80 ₂	OSS120 ₂	OSS160 ₂
T ₃	BS80 ₃	BS120 ₃	BS160 ₃	BSS80 ₃	BSS120 ₃	BSS160 ₃	OS80 ₃	OS120 ₃	OS160 ₃	OSS80 ₃	OSS120 ₃	OSS160 ₃

BS80= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 80 ton⁻¹,
 BS160= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 160 ton⁻¹,
 BSS120= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 120 ton⁻¹,
 OS80= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 80 ton⁻¹,
 OS160= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 160 ton⁻¹,
 OSS120= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 120 ton⁻¹,

BS120= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 120 ton⁻¹,
 BSS80= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 80 ton⁻¹,
 BSS160= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 160 ton⁻¹,
 OS120= Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 120 ton⁻¹,
 OSS80= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 80 ton⁻¹,
 OSS160= Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 160 ton⁻¹

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Planta

Parámetros Físicos

Los tratamientos afectaron de manera significativamente ($p < 0.05$) el crecimiento de la planta del triticale de los 30 a los 59 días después de la siembra, como se muestra en el cuadro 2, en términos generales la aplicación de estiércol afecto de manera significativa ($p < 0.05$) el crecimiento de triticale con relación al testigo, durante éste período los mayores crecimientos se observaron con los tratamientos que recibieron estiércol.

Como se muestra en el Cuadro 2, el crecimiento del triticale a los 30 días después de la siembra, respondió mejor a los tratamientos con estiércol de bovino solarizado a dosis de 120 y con estiércol de ovino solarizado a dosis de 120, con una altura de 21.3 y 21.3 cm, para ambos, en tanto que el menor crecimiento se presentó en el tratamiento testigo de tan solo 13.1 cm siendo una diferencia del 61.5% de la altura alcanza por el tratamiento con estiércol de bovino solarizado a dosis de 120 ton ha^{-1} , y a los 42 días después de la siembra la mayor altura se logró con los tratamientos de con estiércol de ovino solarizado a dosis de 120 ton ha^{-1} y estiércol de ovino solarizado a dosis de 120 ton ha^{-1} , con alturas de 32.9 y 30.5 cm, respectivamente, al igual que en los días 42, al día 49 estos tratamientos continúan siendo los primeros, sin embargo al día 59 los valores máximos se logran con el tratamiento con estiércol de ovino no solarizado a dosis de 80 ton ha^{-1} , 55.1 cm seguido por los tratamientos con estiércol de bovino no solarizado a dosis de 160 ton ha^{-1} , 53.9 cm y estiércol de bovino solarizado a dosis de 80 ton ha^{-1} con 52.3 cm.

Como se muestra en el Cuadro 3, la pendiente de crecimiento del triticale es mayor con el tratamiento con estiércol de ovino no solarizado con dosis equivalentes a 80 ton ha^{-1} con una pendiente de 0.8767 cm d^{-1} , lo que al final se traduce en un altura mayor al final del experimento con una altura de 55.1 cm significativamente ($p < 0.05$) mayor que cualquiera de los tratamientos como se muestra en el Cuadro No 2. Y las mejores correlaciones se obtienen con los tratamientos con estiércol de bovino solarizado a dosis equivalentes a 120 ton ha^{-1} ($r = 0.95$), tratamientos con estiércol de ovino no solarizado a dosis equivalente de 80 ton ha^{-1} ($r = 0.95$), tratamientos con estiércol de bovino solarizado a dosis equivalentes de 160 ton ha^{-1} ($r = 0.95$), tratamientos con estiércol de bovino no solarizado a dosis equivalentes a 120 ton ha^{-1} ($r = 0.94$) y tratamientos con estiércol de ovino no solarizado a dosis equivalentes a 160 ton ha^{-1} ($r = 0.94$). De igual manera como se muestra en el Cuadro No. 3 la pendiente de crecimiento del tratamiento con estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente a 120

ton ha⁻¹ es de 0.7659 cm d⁻¹ con un valor positivos para el valor del intercepto de 0.2203 cm, mientras que los demás tratamientos muestrea valores negativos en sus respectivos intercepto.

Cuadro 2. Interacciones triples del efecto de los tratamientos sobre la altura del triticale

Tratamientos			Altura en cm				
Estiércol	Proceso	Dosis Ton ha ⁻¹	n	Días de Muestreo			
				30	42	49	59
Testigo	Ninguno	0	15	13.0 ^e	18.0 ^d	27.0 ^e	45.2 ^{cd}
Bovino	Solarizado	80	15	17.2 ^{bcd}	22.6 ^{bc}	35.7 ^{cd}	52.3 ^{abc}
Bovino	Solarizado	120	15	21.3 ^a	30.5 ^a	44.9 ^a	45.8 ^{bcd}
Bovino	Solarizado	160	15	17.7 ^{bcd}	26.6 ^b	38.2 ^{bc}	44.5 ^{cd}
Bovino	No solarizado	80	20	18.2 ^{bc}	25.0 ^{bc}	36.4 ^{cd}	47.9 ^{abcd}
Bovino	No solarizado	120	15	17.0 ^{bcd}	24.7 ^{bc}	38.5 ^{bc}	47.1 ^{abcd}
Bovino	No solarizado	160	15	16.2 ^{cd}	22.2 ^c	34.1 ^{cd}	53.9 ^{ab}
Ovino	Solarizado	80	15	18.1 ^{bcd}	24.3 ^{bc}	38.7 ^{cb}	48.7 ^{abcd}
Ovino	Solarizado	120	11	21.1 ^a	32.9 ^a	44.5 ^a	46.2 ^{bcd}
Ovino	Solarizado	160	15	18.6 ^b	25.3 ^{bc}	38.5 ^{cb}	42.4 ^d
Ovino	No solarizado	80	10	17.9 ^{bcd}	26.4 ^b	42.1 ^{ab}	55.1 ^a
Ovino	No solarizado	120	15	19.1 ^b	22.0 ^c	32.6 ^d	45.0 ^{cd}
Ovino	No solarizado	160	15	15.9 ^d	22.0 ^c	31.6 ^d	43.6 ^d

^{abcd} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

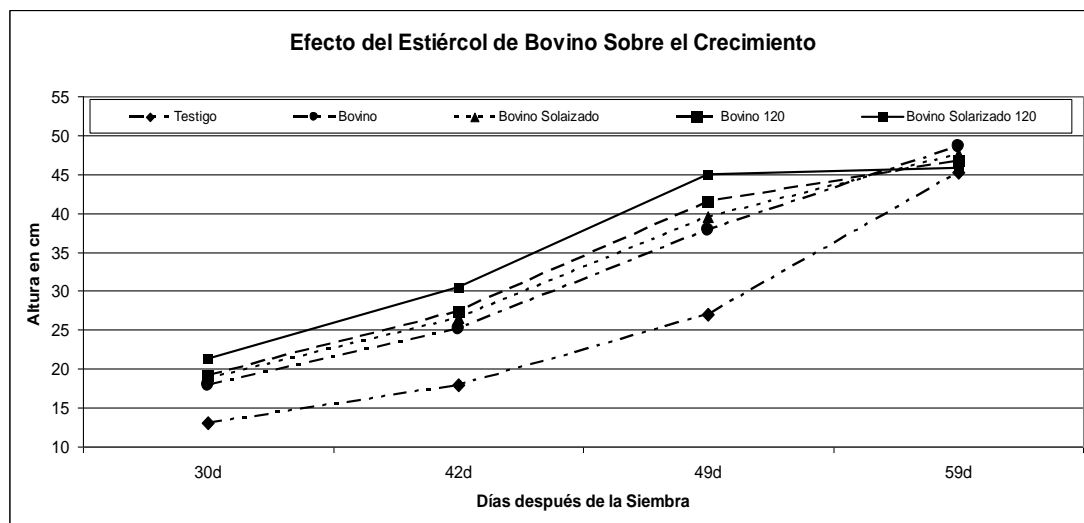


Figura 1. Crecimiento estimado a partir de las ecuaciones de regresión

Cuadro 3. Análisis de regresión del crecimiento del triticale en función de los tratamientos

T r a t a m i e n t o s			y=a+bx		r	s
Tipos	Proceso	Dosis	a	b		
Estiércol		Ton ha-1				
Testigo	Ninguno	0	-4.0692	0.6871	0.84	9.04
Bovino	Solarizado	80	-4.0542	0.8231	0.88	8.88
Bovino	Solarizado	120	-0.9888	0.8193	0.95	5.20
Bovino	Solarizado	160	-2.0094	0.7613	0.95	5.16
Bovino	No solarizado	80	-3.3588	0.7965	0.92	6.74
Bovino	No solarizado	120	-2.9554	0.7894	0.94	5.84
Bovino	No solarizado	160	-4.6737	0.8318	0.90	8.34
Ovino	Solarizado	80	-2.9844	0.8037	0.92	6.97
Ovino	Solarizado	120	0.2203	0.7659	0.91	7.10
Ovino	Solarizado	160	-1.453	0.7333	0.91	6.96
Ovino	No solarizado	80	-2.9722	0.8767	0.95	6.47
Ovino	No solarizado	120	-1.9906	0.7149	0.88	7.80
Ovino	No solarizado	160	-2.6347	0.7017	0.94	5.34

El efecto de los tratamientos sobre la altura del triticale se muestran en la figura 1, y el Cuadro No. 2, el crecimiento mayor a los 59 días, se logra con el tratamiento de estiércol de ovino no solarizaos a dosis equivalentes a 80 ton ha⁻¹ con valores medios de 55.1 cm, mientras que los tratamientos que mostraron efectos negativos sobre el crecimiento con tratamientos de ovino solarizado a dosis equivalentes de 120 y 160 ton ha-1, estiércol de ovino no solarizado a dosis de 160 ton ha-1, tratamientos a base de estiércol de bovino a dosis equivalentes a 160 ton ha-1 y tratamientos a base de estiércol de ovino a dosis equivalentes a 120 ton ha⁻¹ ya que están por debajo del crecimiento mostrado por el testigo.

Peso Total del la Planta de Triticale

Como resultado de la suma de los pesos de semilla, tallo y hoja obtenemos el peso total de la planta, que se ve afectado de manera significativa (p<0.05) por todos los tratamientos, destacándose el aumento logrado por la adición de estiércol de ovino de un 30.5 g planta⁻¹ contra 17.7 g planta⁻¹ de testigo, pero si el estiércol esta solarizado, tanto de ovino como de bovino la mejora es de 32.2 contra 25.2 g planta⁻¹ logrados con estiércol solarizado y no solarizado respectivamente lo que representa una mejora del 129 % a favor del estiércol solarizado. Pero si además ese estiércol es de ovino y esta solarizado y se aplica a dosis de 120 ton ha⁻¹, se alcanzan valores medios de 40 g planta⁻¹, lo que representa una ganancia del 226 % a favor de este tratamiento. (Cuadro 4)

Por lo anterior se puede concluir que la adición de estiércol de ovino a dosis de 120 ton ha⁻¹, mejor de manera significativa (p<0.05) el peso de las diferentes partes de la planta destacándose los pesos de las semillas y de los tallos y un poco menor efecto sobre los pesos de las hojas, pero al final una ganancia total de la planta del 226 %. Lo anterior puede ser debido a que los ovinos eliminan un estiércol más concentrado en nutrientes y con menor cantidad de agua que el estiércol de bovino lo que favorece una mineralización más eficiente durante el proceso de solarización, lo que facilita que los nutrientes sean más rápidamente tomados por las plantas, lo que al final se manifiesta con mayores aumentos de pesos de las plantas donde se les aplico estiércol de ovino solarizado aunado a que la solarización también destruye plagas y malezas que en un momento dado pueden competir por los nutrientes.

Cuadro 4. Interacciones triples del efecto de los tratamientos sobre el número de semillas, peso del tallo y hojas de triticale

T r a t a m i e n t o s			Semilla		Tallos		Hojas		Total	
Tipos	Proceso	Dosis	n	g planta ⁻¹	n	g planta ⁻¹	n	g planta ⁻¹	n	g planta ⁻¹
Estiércol		Ton ha ⁻¹		Medias		Medias		Medias		Media
Testigo	Ninguno	0	3	5.7 ^c	3	6.4 ^c	3	5.6 ^a	3	17.7 ^c
Bovino	Solarizado	80	3	10.0 ^{abc}	3	9.2 ^{abc}	3	7.1 ^a	3	25.9 ^{abc}
Bovino	Solarizado	120	3	12.2 ^{ab}	3	12.1 ^{abc}	3	8.5 ^a	3	32.8 ^{abc}
Bovino	Solarizado	160	3	8.9 ^{bc}	3	11.1 ^{abc}	3	9.7 ^a	3	29.7 ^{abc}
Bovino	No solarizado	80	3	7.8 ^{bc}	4	10.9 ^{abc}	4	6.4 ^a	4	25.1 ^{abc}
Bovino	No solarizado	120	3	7.7 ^{bc}	3	11.4 ^{abc}	3	6.3 ^a	3	25.4 ^{abc}
Bovino	No solarizado	160	3	7.3 ^{bc}	3	8.4 ^{bc}	3	8.1 ^a	3	23.8 ^{bc}
Ovino	Solarizado	80	3	10.1 ^{abc}	3	10.8 ^{abc}	3	7.2 ^a	3	28.1 ^{abc}
Ovino	Solarizado	120	3	15.5 ^a	3	15.5 ^a	3	9.0 ^a	3	40.0 ^a
Ovino	Solarizado	160	4	12.0 ^{ab}	3	14.4 ^{ab}	3	7.1 ^a	3	36.7 ^{ab}
Ovino	No solarizado	80	3	8.6 ^{bc}	2	11.5 ^{abc}	2	5.9 ^a	2	26.1 ^{abc}
Ovino	No solarizado	120	3	7.4 ^{bc}	3	8.2 ^{bc}	3	9.2 ^a	3	24.9 ^{abc}
Ovino	No solarizado	160	2	6.9 ^{bc}	3	9.1 ^{abc}	3	9.8 ^a	3	25.9 ^{bc}

^{abc} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Parámetros productivos del forraje del triticale

Rendimiento Total de Materia Seca de las Hojas de Triticale

La producción de hojas en el forraje del triticale, fue afectada de manera significativa (p>0.05) y positiva por la adición de estiércol ya que el testigo solo produjo 653 kg ha⁻¹ de hojas contra 1,167 kg ha⁻¹ para el estiércol de bovino y 1,349 kg ha⁻¹ para el estiércol de ovino, pero cuando el estiércol es

solarizado se incrementa la producción de materia seca de hoja a niveles de 1,324 kg ha⁻¹ contra 1,181 kg ha⁻¹ para el estiércol no solarizado representado una ganancia atribuible a la solarización de 143 kg ha⁻¹, (1,324-1,181). Pero cuando el estiércol se aplica a niveles de 120 kg ha⁻¹, la producción de materia seca de hoja se incrementa a niveles de 1,344 contra 1,202 kg ha⁻¹, lo que representa una ganancia neta atribuible a la solarización de 142 kg ha⁻¹, (1,344-1,202). En tanto que la aplicación de estiércol de bovino solarizado a dosis equivalentes de 120 kg ha⁻¹, se obtiene una producción de 1,306 kg ha⁻¹, en tanto que la aplicación de estiércol de bovino sin solarizar a la misma dosis solo se obtiene 979 kg ha⁻¹, por lo que la ganancia neta atribuible a la solarización es de 327 kg ha⁻¹, (1,306-979).

Rendimiento total de Materia Seca de Forraje de Triticale

De igual manera como en el caso de la materia seca de semilla, tallo y hoja, la aplicación de estiércol afecta de manera significativa ($p < 0.05$) y positiva la producción de forraje total de triticale, ya que del testigo solo se obtuvieron 2,049 kg ha⁻¹ de forraje contra 4,170 y 4,712 kg ha⁻¹, cuando se aplico estiércol de bovino y bovino respectivamente, pero si los estiércoles esta solarizado se incrementa a 4,969 contra 3882 kg ha⁻¹, representado una ganancia neta de 1,087, kg ha⁻¹ (4,969-3,882). Pero si los estiércoles se aplican a dosis equivalentes a 120 ton ha⁻¹, entonces la producción de forraje de triticale se incrementa a 5,615 kg ha⁻¹, representado un incremento global neto debido a la solarización de 1,729 kg ha⁻¹ (5,615-3,886). En relación al tipo de estiércol por especies el estiércol de bovino Solarizado y a dosis equivalentes de 120 ton ha⁻¹, logro producir 5,058 kg ha⁻¹ con una ganancia neta de 1,132 Kg ha⁻¹ (5,058 - 3,926), atribuible a la solarización, en tanto que el estiércol de ovino alcanzo producciones de 6,173 kg ha⁻¹, con una ganancia neta de 2330 kg ha⁻¹ (6,173-3,843) atribuible a la solarización. De lo anterior se concluye que la solarización afecta de manera significativa ($p < 0.05$) y positiva la producción total de materia seca de forraje de triticale, el estiércol de ovino es el que da mejores resultados y la mejor dosis es la equivalente a 120 ton ha⁻¹ de lo anterior se logran incrementos extras de 2,330 kg ha⁻¹ de materia seca como forraje de triticale. (Cuadro 5).

Los valores encontrados en este experimento para el estiércol de bovino solarizado a dosis equivalentes de 120 kg ha⁻¹ de 5,058 kg ha⁻¹, estiércol de ovino solarizado a dosis equivalentes de 160 kg ha⁻¹ con valores medios de 5,671 kg ha⁻¹ y estiércol de ovino solarizado a dosis de 120 kg ha⁻¹, con valores medios de 6,173 kg ha⁻¹, están por arriba de los que menciona el SAGRASSEED, en Argentina, ellos reportan como media 5,000 kg ha⁻¹ con sistemas convencionales de producción en tanto que, Scianca *et al.*, (2007), reporta valores de producción de forraje de triticale de 6,034 kg MS ha⁻¹, con sistemas de producción convencionales, estos valores están muy aproximados a los

encontrados en este experimento con el tratamiento de estiércol de ovino solarizado a dosis equivalentes a 120 kg ha⁻¹.

Cuadro 5. Interacciones triples del rendimiento del triticale de semilla tallo y hoja y total en kg ha⁻¹ de materia seca

T r a t a m i e n t o s				Semilla	Tallo	Hoja	Total
Tipos	Proceso	Dosis	N				
Estiércol			Ton ha ⁻¹		Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹
Testigo	Ninguno	0	3	656 ^c	740 ^c	653 ^b	2,049 ^c
Bovino	Solarizado	80	3	1,546 ^{abc}	1,414 ^{abc}	1,043 ^{ab}	4,003 ^{abc}
Bovino	Solarizado	120	3	1,891 ^{ab}	1,861 ^{ab}	1,306 ^{ab}	5,058 ^{ab}
Bovino	Solarizado	160	3	1,368 ^{bc}	1,713 ^{abc}	1,501 ^a	4,582 ^{ab}
Bovino	No solarizado	80	4	1,211 ^{bc}	1,680 ^{abc}	985 ^{ab}	3,877 ^{abc}
Bovino	No solarizado	120	3	1,187 ^{bc}	1,760 ^{ab}	979 ^{ab}	3,926 ^{abc}
Bovino	No solarizado	160	3	1,127 ^{bc}	1,303 ^{bc}	1,245 ^{ab}	3,675 ^{bc}
Ovino	Solarizado	80	3	1,560 ^{abc}	1,662 ^{abc}	1,108 ^{ab}	4,330 ^{abc}
Ovino	Solarizado	120	3	2,404 ^a	2,386 ^a	1,382 ^{ab}	6,173 ^a
Ovino	Solarizado	160	3	1,850 ^{ab}	2,215 ^{ba}	1,606 ^a	5,671 ^{ab}
Ovino	No solarizado	80	2	1,327 ^{bc}	1,778 ^{ab}	917 ^{ab}	4,021 ^{abc}
Ovino	No solarizado	120	3	1,148 ^{bc}	1,274 ^{bc}	1,425 ^{ab}	3,847 ^{bc}
Ovino	No solarizado	160	3	1,067 ^{bc}	1,420 ^{abc}	1,511 ^a	3,998 ^{abc}

^{abc} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Rendimiento de Nutrientes por Hectárea

En conclusión, el rendimiento de nutrientes ha⁻¹, los tratamientos con estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente de 120 kg ton⁻¹ es el que mayores rendimientos de nutrientes ha⁻¹ aporta, con valores medios de 605 kg ha⁻¹ de proteína, 97 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 2,555 kg ha⁻¹ de FDA, y un total de 1,830 kg de celulosa ha⁻¹, en tanto que los tratamientos testigos solo alcanzaron 242 kg ha⁻¹ de proteína, 859 kg ha⁻¹ de FDA y 622 kg ha⁻¹ de celulosa. Seguidos por los tratamientos con estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente de 160 kg ton⁻¹ con valores medios de 627 kg ha⁻¹ de proteína, 76 kg de nitrógeno ha⁻¹, 2,369 kg ha⁻¹ de FDA y 1,681 kg ha⁻¹ de celulosa (figura 6, 7 y 8).

Cuadro 6. Interacciones triples de los rendimientos de proteína ha⁻¹ de las distintas partes de la planta del triticale

T r a t a m i e n t o s				Proteína			Nitrógeno	
Tipos	Proceso	Dosis	n	Semilla	Tallo	Hoja	Total	Total
Estiércol		Ton ha-1		Kg ha ⁻¹				
Testigo	Ninguno	0	3	97 ^b	72 ^c	73 ^b	242 ^b	39 ^b
Bovino	Solarizado	80	3	200 ^{ab}	79 ^c	106 ^a	385 ^a	62 ^a
Bovino	Solarizado	120	3	309 ^a	145 ^{ac}	129 ^a	581 ^a	93 ^a
Bovino	Solarizado	160	3	208 ^{ab}	146 ^{ac}	168 ^a	522 ^a	84 ^a
Bovino	No solarizado	80	4	182 ^{ab}	148 ^{ac}	124 ^a	469 ^a	75 ^a
Bovino	No solarizado	120	3	151 ^{ab}	122 ^{ac}	97 ^a	371 ^a	59 ^a
Bovino	No solarizado	160	2	169 ^{ab}	93 ^{ac}	128 ^a	391 ^a	63 ^a
Ovino	Solarizado	80	2	235 ^{ab}	140 ^{ac}	133 ^a	507 ^a	81 ^a
Ovino	Solarizado	120	3	302 ^a	154 ^{ac}	160 ^a	605 ^a	97 ^a
Ovino	Solarizado	160	3	266 ^{ab}	185 ^a	176 ^a	627 ^a	100 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	207 ^{ab}	175 ^a	107 ^a	489 ^a	78 ^a
Ovino	No solarizado	120	2	172 ^{ab}	128 ^{ac}	178 ^a	477 ^a	76 ^a
Ovino	No solarizado	160	3	157 ^{ab}	129 ^{ac}	161 ^a	446 ^a	71 ^a

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Cuadro 7. Interrelaciones triples del rendimiento de FDA ha⁻¹ de las distintas partes de la planta del triticale

T r a t a m i e n t o s				n			
Tipos	Proceso	Dosis	n	Semilla	Tallo	Hoja	Ha
Estiércol		Ton ha ⁻¹		kg ha ⁻¹			
Testigo	Ninguno	0	3	267 ^c	297 ^c	296 ^b	859 ^b
Bovino	Solarizado	80	3	612 ^{abc}	563 ^{abc}	499 ^{ab}	1,674 ^{ab}
Bovino	Solarizado	120	3	757 ^{ab}	811 ^{ab}	664 ^{ab}	2,232 ^a
Bovino	Solarizado	160	3	544 ^{bc}	673 ^{abc}	684 ^a	1,901 ^a
Bovino	No solarizado	80	4	437 ^{bc}	660 ^{abc}	438 ^{ab}	1,535 ^{aba}
Bovino	No solarizado	120	3	495 ^{bc}	698 ^{abc}	438 ^{ab}	1,631 ^{ab}
Bovino	No solarizado	160	3	446 ^{bc}	524 ^{abc}	586 ^{ab}	1,556 ^{ab}
Ovino	Solarizado	80	3	613 ^{abc}	683 ^{abc}	492 ^{ab}	1,788 ^{ab}
Ovino	Solarizado	120	3	985 ^a	956 ^a	614 ^{ab}	2,555 ^a
Ovino	Solarizado	160	3	796 ^{ab}	858 ^{ab}	715 ^a	2,369 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	504 ^{bc}	726 ^{abc}	420 ^{ab}	1,650 ^{ab}
Ovino	No solarizado	120	3	461 ^{bc}	516 ^{bc}	654 ^{ab}	1,632 ^{ab}
Ovino	No solarizado	160	3	426 ^{bc}	565 ^{abc}	685 ^a	1,675 ^{ab}

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Cuadro 8. Interrelaciones triples del rendimiento de celulosa de las distintas partes de la planta de triticale

T r a t a m i e n t o s				Celulosa			
Tipos	Proceso	Dosis	N	Semilla	Tallo	Hoja	Total
Estiércol		Ton ha ⁻¹		Kg ha ⁻¹			
Testigo	Ninguno	No	3	207 ^c	215 ^b	199 ^a	622 ^b
Bovino	Solarizado	80	3	485 ^{abc}	405 ^{ab}	454 ^a	1,344 ^{ab}
Bovino	Solarizado	120	3	589 ^{ab}	534 ^{ab}	505 ^a	1,629 ^a
Bovino	Solarizado	160	3	417 ^{abc}	488 ^{ab}	508 ^a	1,414 ^{ab}
Bovino	No solarizado	80	3	376 ^{abc}	494 ^{ab}	338 ^a	1,208 ^{ab}
Bovino	No solarizado	120	3	362 ^{abc}	498 ^{ab}	332 ^a	1,192 ^{ab}
Bovino	No solarizado	160	3	321 ^{bc}	395 ^{ab}	440 ^a	1,155 ^{ab}
Ovino	Solarizado	80	3	447 ^{abc}	493 ^{ab}	374 ^a	1,314 ^{ab}
Ovino	Solarizado	120	3	680 ^a	706 ^a	444 ^a	1,830 ^a
Ovino	Solarizado	160	1	539 ^{abc}	581 ^a	561 ^a	1,681 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	406 ^{abc}	542 ^{ab}	335 ^a	1,283 ^{ab}
Ovino	No solarizado	120	3	353 ^{abc}	369 ^{ab}	503 ^a	1,225 ^{ab}
Ovino	No solarizado	160	3	369 ^{abc}	424 ^{ab}	520 ^a	1,312 ^{ab}

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

El Fósforo en el Triticale

Podemos concluir que la concentración de fósforo en las distintas partes de la planta de triticale, se vio favorecida por aplicaciones altas de estiércol ya que las dosis de 160 ton ha⁻¹ mostraron los valores más altos, y el estiércol de ovino es el que resulto mejor para aumentar estas concentraciones, sin embargo las diferencias no resultaron ser significativas. (Cuadros 9, 10)

Cuadro 9. Interrelaciones triples del contenido de fósforo en las diferentes partes de la planta del triticale a los 59 días después de la siembra

T r a t a m i e n t o s				Semilla	Tallo	Hoja
Tipos	Proceso	Dosis	N	%	%	%
Estiércol		Ton ha-1				
Testigo	Ninguno	No	3	0.47 ^{ab}	0.33 ^b	0.60 ^{ab}
Bovino	Solarizado	80	3	0.48 ^a	0.35 ^{ab}	0.77 ^a
Bovino	Solarizado	120	2	0.34 ^b	0.32 ^b	0.41 ^b
Bovino	Solarizado	160	3	0.40 ^{ab}	0.30 ^b	0.52 ^{ab}
Bovino	No solarizado	80	4	0.36 ^{ab}	0.34 ^{ab}	0.53 ^{ab}
Bovino	No solarizado	120	3	0.38 ^{ab}	0.28 ^b	0.56 ^{ab}
Bovino	No solarizado	160	3	0.40 ^{ab}	0.37 ^{ab}	0.58 ^{ab}
Ovino	Solarizado	80	3	0.41 ^{ab}	0.36 ^{ab}	0.55 ^{ab}
Ovino	Solarizado	120	3	0.38 ^{ab}	0.28 ^b	0.55 ^{ab}
Ovino	Solarizado	160	3	0.34 ^b	0.37 ^{ab}	0.85 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	0.46 ^{ab}	0.50 ^a	0.72 ^{ab}
Ovino	No solarizado	120	3	0.42 ^{ab}	0.40 ^{ab}	0.54 ^{ab}
Testigo	Ninguno	No	3	0.37 ^{ab}	0.41 ^{ab}	0.56 ^{ab}

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Cuadro 10. Interacciones triples del contenido de fósforo en las diferentes partes de la planta del triticale a los 59 días después de la siembra

T r a t a m i e n t o s				Semilla	Tallo	Hoja	Total
Tipos	Proceso	Dosis	n	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹
Estiércol		Ton ha-1					
Testigo	Ninguno	No	3	6.8 ^b	5.1 ^b	7.7 ^b	9.6 ^b
Bovino	Solarizado	80	3	11.4 ^{ab}	8.0 ^{ab}	12.7 ^b	32.1 ^{ab}
Bovino	Solarizado	120	2	10.1 ^{ab}	8.4 ^{ab}	9.6 ^b	28.1 ^{ab}
Bovino	Solarizado	160	3	8.8 ^{ab}	8.1 ^{ab}	12.1 ^b	28.9 ^{ab}
Bovino	No solarizado	80	4	7.1 ^b	8.8 ^{ab}	8.2 ^b	24.1 ^b
Bovino	No solarizado	120	3	7.3 ^b	8.7 ^{ab}	9.6 ^b	25.6 ^b
Bovino	No solarizado	160	3	8.2 ^{ab}	9.9 ^{ab}	11.5 ^b	29.6 ^{ab}
Ovino	Solarizado	80	3	10.7 ^{ab}	10.8 ^{ab}	11.4 ^b	32.8 ^{ab}
Ovino	Solarizado	120	3	14.7 ^a	10.6 ^{ab}	12.1 ^b	37.3 ^{ab}
Ovino	Solarizado	160	3	10.2 ^{ab}	13.3 ^{ab}	22.1 ^a	45.6 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	9.9 ^{ab}	14.4 ^a	10.8 ^b	35.0 ^{ab}
Ovino	No solarizado	120	3	7.9 ^{ab}	8.9 ^{ab}	12.4 ^b	29.2 ^{ab}
Testigo	Ninguno	No	3	6.6 ^b	9.4 ^{ab}	14.1 ^{ab}	30.1 ^{ab}

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

Suelo

Fósforo en Suelo

No se encoraran diferencias significativas ($p>0.05$) en el contenido de fósforo dentro de los muestreos y profundidades de 20, 40 y 60 cm, como se muestre en el cuadro 11, solo a profundidades de 40 cm en el tercer muestreo, aunque estas diferencias no son consistentes entre tratamientos, como se muestran en el cuadro.

Cuadro 11. Valores medios del contenido fósforo en el suelo a diferentes profundidades en el tercer muestreo en el cultivo de triticale

T r a t a m i e n t o s			N	Profundidad en cm			
Tipos	Proceso	Dosis		20	40	60	80
Estiércol		Ton ha-1					
Testigo	Ninguno	0	3	469 ^a	491 ^{ab}	450 ^a	465 ^a
Bovino	Solarizado	80	3	435 ^a	483 ^{ab}	445 ^a	500 ^a
Bovino	Solarizado	120	3	479 ^a	491 ^{ab}	488 ^a	505 ^a
Bovino	Solarizado	160	3	489 ^a	495 ^{ab}	474 ^a	461 ^a
Bovino	No solarizado	80	4	489 ^a	466 ^b	477 ^a	519 ^a
Bovino	No solarizado	120	3	493 ^a	493 ^{ab}	488 ^a	477 ^a
Bovino	No solarizado	160	3	517 ^a	488 ^{ab}	479 ^a	470 ^a
Ovino	Solarizado	80	3	452 ^a	475 ^{ab}	463 ^a	486 ^a
Ovino	Solarizado	120	3	449 ^a	496 ^{ab}	447 ^a	464 ^a
Ovino	Solarizado	160	3	485 ^a	483 ^{ab}	498 ^a	437 ^a
Ovino	No solarizado	80	2	491 ^a	468 ^{ab}	499 ^a	476 ^a
Ovino	No solarizado	120	3	515 ^a	475 ^{ab}	500 ^a	509 ^a
Ovino	No solarizado	160	3	453 ^a	528 ^a	467 ^a	475 ^a

^a Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

CONCLUSIONES

La solarización del estiércol de ovino a dosis de 120 ton ha⁻¹ mejora los pesos de las partes de las plantas y por consecuencia en la plata total ya que tiene un efecto positivo en el peso de la semilla hasta un 271 %, 234 % y 226 %, para semilla tallo y hoja con relación al testigo.

En total la producción de materia seca encontrada en este experimento fueron, para el estiércol de bovino solarizado a dosis equivalentes de 120 kg ha⁻¹ de 5,058 kg ha⁻¹, estiércol de ovino solarizado a

dosis equivalentes de 160 kg ha⁻¹ con valores medios de 5,671 kg ha⁻¹ y estiércol de ovino solarizado a dosis de 120 kg ha⁻¹, con valores medios de 6,173 kg.

Los tratamientos con estiércol de ovino solarizado a dosis equivalente de 120 kg ton⁻¹ es el que mayores rendimientos extras de nutrientes ha⁻¹ aporta, con valores medios de 605 kg ha⁻¹ de proteína, 97 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 2,555 kg ha⁻¹ de FDA, y un total de 1,830 kg de celulosa ha⁻¹, en comparación con los tratamientos testigos que sólo alcanzaron 242 kg ha⁻¹ de proteína, 859 kg ha⁻¹ de FDA y 622 kg ha⁻¹ de celulosa.

El fósforo en el suelo en el primero y segundo muestreo, no mostraron diferencias significativas en las diferentes profundidades (20, 40, 60 y 80 cm) pero en el tercer muestreo si observamos diferencias significativas, a profundidades de 40 cm. El pH del suelo a diferentes profundidades no tiene efecto sobre la eficiencia del fósforo en las diferentes partes de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Agribiotech. El Cultivo De Triticale, Una Excelente Opción En La Producción De Forrajes De Invierno
- Amigone, M. A. 1992 Principales Características de los cereales forrajeros. Hoja informativa N° 211. 10. págs. EEA Marcos Juárez INTA. Citado por Ohanian et al., 2007
- ASAE, American Society of Agricultural Engineers. 1993. Manure production and characteristics. ASAE Standards D384.1. Agric. Eng. Yearbook. ASAE, St. Joseph, MI.
- Bardales Niquén, Edgardo C. - Venialgo Chamorro, Crispín A. 2006. Estudio Comparativo Inicial de Biofumigación – Solarización en Otoño, para el Control de Nemátodos. Fac. de Cs. Agrarias – UNNE.
- Batchelor T., 1998. Bromuro de metilo, prepararse para la eliminación. AcciónOzono Suplemento Especial Número 4 • Noviembre.
- Batchelor T., 1998. Bromuro de metilo, prepararse para la eliminación. AcciónOzono Suplemento Especial Número 4 • Noviembre.
- Beans (Vicia Faba Var. Minor L.) In Additive Intercrops. Plant Soil Environ., 52, 2006 (2): 47–54
- Bradford D. Brown. 2006. Winter Cereal–Corn Double Crop Forage Production and Phosphorus Removal. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1951-1956.
- Brink, G.E., D.E. Rowe, K.R. Sistani, and A. Adeli. 2003. Bermuda grass cultivar response to swine effluent application. Agron. J. 95:597–601.
- Brodison, J.A., E.A. Goodall, J.D. Armstrong, D.I. Givens, F.J. Gordon, W.J. McCaughey, and J.R. Todd. 1989. Influence of dietary phosphorus on the performance of lactating dairy cattle. J. Agric. Sci. (Cambridge) 112:303–311.
- Brown B. 2009. Nitrogen Timing For Boot Stage Triticale Forage Yield And Phosphorus Uptake. Western Nutrient Management Conference. 2009. Vol. 8. Salt Lake City, UT.

- Brown B., J. Dalton, M. Chahine, B. Hazen, S. Jensen, and S. Etter. 2009. Phosphorus Removal With Triticale In Manured Fields. Nutrient Digest Newsletter. University of Idaho.
- Chang, C., T.G. Sommerfeldt, and T. Entz. 1991. Soil chemistry alter eleven annual applications of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 20:475-480.
- Chellemi D. O., S. M. Olson, D. J. Mitchell, I. Secker, and R. McSorley. 1997. Adaptation of Soil Solarization to the Integrated Management of Soilborne Pests of Tomato Under Humid Conditions
- Chellemi D. O., S. M. Olson, D. J. Mitchell, I. Secker, and R. McSorley. 1997. Adaptation of Soil Solarization to the Integrated Management of Soilborne Pests of Tomato Under Humid Conditions.
- Cruz-Flores G., J.L. Tirado Torres, G. Alcántar González y J.A. Santizo Rincón. 2001. Phosphorus-Use Efficiency in Triticale and Wheat in Two Soils of Differing Phosphorus Fixation Capacities. *Terra Volumen 19 Numero 1.*
- Díaz S., H., Fernández B., J. M.L Fuentes R., J. M. Lozano Del Río, A J. Narváez M., J. M. F. Rodríguez H., S. A. Zamora V. , V. Manuel. 2002. Producción De Forraje Y Calidad Nutritiva En Mezclas De Triticale (X Triticosecale Wittmack) Y Ballico Anual (*Lolium Multiflorum L.*) En Navidad, N.L. Técnica Pecuaria En México.
- Eghball Bahman., Daniel Ginting, and John E. Gilley. 2004. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agron. J.* 96:442-447.
- Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen-based manure and compost applications. *Agron. J.* 94: 128-135.
- El-kramany M.F., Ibrahim O.M, El Habbasha S.F. and Ashour, N.I. 2009.
- Elmore C. L., J. J. Stapleton, C. E. Bell, J. E. Devay. 1997. Soil Solarization A Nonpesticidal Method For Controlling Diseases, Nematodes, And Weeds.
- Elmore C. L., J. J. Stapleton, C. E. Bell, J. E. Devay. 1997. Soil Solarization A Nonpesticidal Method For Controlling Diseases, Nematodes, And Weeds.
- Figuroa Viramontes, Uriel. Campo Experimental La Laguna. Ciroc-Inifap. Cueto Wong, J. Antonio. Centro Nacional De Investigación Disciplinaria En Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Inifap. Capítulo I . Uso Sustentable Del Suelo Y Abonos Orgánicos
- Gamliel A. and J.J. Stapleton. 1997. Improvement of Soil Solarization with Volatile Compounds Generated from Organic Amendments. *Phytoparasitica* 25(Suppl.):31S-38S.
- Guisande G. C., A. Barreiro F., I. Maneiro E., I Riveiro A., A. R. Vergara C., A. Vaamonde L. 2006. Tratamiento De Datos. Edit. Díaz De Santos.
- Hao, X. and C. Chang. 2003. Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agric. Ecosyst. Environ.* 94:89-103.
- Hintze J. 2001. NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville. Utah. www.NCSS.com.
- IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate change 2001: Synthesis report. A contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en línea <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Jondreville C., C. Genthon, A. Bouguennec. B. Carre, Y. Nys. 2007. Characterisation of European varieties of triticale with special emphasis on the ability of plant phytase to improve phytate phosphorus availability to chickens. *British Poultry Science*, Volume 48, Issue 6 December, pages 678 - 689
- Jondreville C., J.-Y. Dourmad. 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.*, , 18 (3), 183-192.

- Khalid A. A.A. Yassen and Sahar M. Zaghoul. 2006. Effect of Soil Solarization and Cattle Manure on the Growth, Essential Oil and Chemical Composition of *Calendula officinalis* L. Plants. *Journal of Applied Sciences Research* 2(3): 142-152,
- Khalid. A. A.A. Yassen And Sahar M. Zaghoul. 2006. Effect Of Soil Solarization And Cattle Manure On The Growth, Essential Oil And Chemical Composition Of *Calendula Officinalis* L. Plants. *Journal Of Applied Sciences Research* 2(3): 142-152,
- Klonsky K. Y L. Tourte. 1998. Organic Agricultural Production In The United Status: Debates And Direcions. *Amer. J. Agr. Econ.* 80. No. 5. 1119-1124.
- Klonsky K. y L. Tourte. 1998. Organic agricultural production in the United Status: Debates and Direcions. *Amer. J. Agr. Econ.* 80. No. 5. 1119-1124.
- Klonsky, K. and L. Tourte, 1998. Organic agricultural production in the United States: Debates and Direcions. *Am. J. Agric. Econ.*, 80 (5): 1119-1124.
- Lescoat P., A. Travel, Y. Nys. 2005. Lois de réponses des volailles de chair à l'apport de phosphore. *INRA, Prod. Anim.*, 18 (3), 193-201.
- Leytem A. B., J. T. Sims, and F. J. Coale. 2004. Determination of Phosphorus Source Coefficients for Organic Phosphorus Sources: Laboratory Studies. *J. Environ. Qual.*, Vol. 33, January–February.
- Lira-Saldivar R. H, MA Salas, J Cruz, A Coronado, F.D Hernández, E Guerrero, G Gallegos. 2004. Solarization and goat manure on weeds management and melon yield. *International Journal of BOTANICA.* 205-211.
- López -Hernández D., D. Sequera and E. Medina. 2006. Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: II. Balance de fósforo. *Tropicultura*, , 24, 1, 25-32.
- Maguire, R.O., A.C. Edwards, and M.J. Wilson. 1998. Influence of cultivation on the distribution of phosphorus in three soils from NE Scotland and their aggregate size fractions. *Soil Use Manage.* 14:147–153.
- Marschner, H. 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soil. *Plant Soil* 134: 1-20.
- Nair V. D., K. M. Portier, D. A. Graetz, and M. L. Walker. 2004. An Environmental Threshold for Degree of Phosphorus Saturation in Sandy Soils. *J. Environ. Qual.* 33:107–113.
- Ortiz-Monasterio J.I., R.J. Peña, W.H. Pfeiffer, A.H. Hede. 2002. Phosphorus use efficiency, grain yield, and quality of triticale and durum wheat under irrigated conditions. *Proceedings of the 5th International Triticale Symposium, Annex June 30 – July 5, 2002, Radzików, Poland*
- Pagliaricci H.R., S. González, A.E. Ohanian, T.W. Pereyra. Parry, R. 1998. Agricultural phosphorus and water quality: A U.S. Environmental Protection Agency perspective. *J. Environ. Qual.* 27:258–261.
- Penn C. J., G. L. Mullins and L. W. Zelazny. 2005. Mineralogy in Relation to Phosphorus Sorption and Dissolved Phosphorus Losses in Runoff. *Soil Sci Soc Am J* 69:1532-1540.
- Pointillart A., 1994. Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Prod. Anim.*, 7, 29-39.
- Ramírez Treviño A., J. M. Sánchez Núñez, A. García Camacho. 2004. El desarrollo sustentable: Interpretación y análisis. *Revista del centro de investigación. Universidad La Salle . Vol. 6, No 021. México D. F.*
- SAGRASSEED, 2010. Triticale Ficha Técnica. www.sagrasseed.com. Consultado enero del 2010.

Capítulo IX

EFFECTO DEL ESTIERCOL DE BOVINO Y OVINO SOLARIZADOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa*) VARIEDAD CHIHUAHUA

Bovine and ovine manure solarized in the production of forage oats (*avena sativa*) Chihuahua variety

Jacinto Toca Ramírez², José Ascención Toca Ramírez², Héctor Idilio Trejo Escareño¹, Enrique Salazar Sosa¹, José Dimas López Martínez¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, fazujed@yahoo.com.mx,

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango

RESUMEN

Se presentan los resultados de una investigación realizada, durante la primavera del 2008, en un predio localizado en el Valle del Guadiana de Durango. Para el estudio, estiércol de bovino de vacas lecheras alimentadas a base de pradera de *Lolium perene* y concentrado del 17 % de proteína, y estiércol de ovinos alimentados a base de avena forrajera henificada, fueron sometido a un proceso de solarización. El abono orgánico de estas dos especies ganaderas, se aplicó a las dosis de 80, 120 y 160 ton-ha⁻¹. Se evaluó el rendimiento a los 60 días después de la siembra. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del forraje cosechado se midió la altura de la planta de avena peso de la avena como forraje seco en kg ha⁻¹. En las planta, las mediciones se realizaron a los 30, 42, 49 y 59 días después de la siembra. Los resultados se analizaron utilizando un análisis bloques al azar, utilizando el paquete estadístico SAS. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos tuvieron, en mayor o menor medida, un mejor desempeño sobre la producción de avena forrajera que el Testigo. De todos, el tratamiento OS160, a base de estiércol de ovino solarizado aplicado a la dosis de 160 ton ha⁻¹, fue mediante el cual se obtuvieron los mejores resultados, en cuanto a niveles de crecimiento, rendimiento

del forraje cosechado en la fase de grano masoso lechoso. Así mismo, se encontró que de los dos tipos de estiércol el de ovino mostró mejores resultados que el de bovino.

Palabras clave: *Avena sativa, fertilización orgánica, estiércol, solarización.*

SUMMARY

To know the effect of the addition of manure of bovine and ovine solarized upon the chemical and physical properties of the soil and the performances and quality of it reconciles forage produced was carried out an experiment factorial 2X2X4, two types of manure, bovine and ovine, two processing of the manure, solarized and not solarized applied to four dose, 0, 80, 120 and 160 ton ha⁻¹, with three repetitions. With this purpose they were utilized plots of 1X1 m, with an useful plot of 0.5X0.5 m, which they were sown with seed of oat forage (Oat sativa) of the variety "Chihuahua". During 90 days themselves solaresed, by means of the technique of it stacked and double cover of polythene, so much manure of cattle bovine milkman of the race Holstein, fed with meadow, alfalfa and concentrated, as of earned ovin fed with meadow. The effect of the processing upon the soil during the development of the cultivation was evaluated, the chemical composition of the plant to the crop and the performance and quality as fodder of the oat harvested to the 59 days of it shows.

key words: *Oat sativa, fertilization organic, manure, polarization.*

INTRODUCCIÓN

Agricultura, ganadería y medio ambiente

Durante los últimos cincuenta años, la humanidad ha cambiado los ecosistemas del mundo, más rápida y extensamente que durante cualquier periodo de tiempo comparable a lo largo de toda la historia, básicamente a causa del rápido crecimiento de la demanda de alimento, agua fresca, madera, fibra y combustibles, por parte de una población humana que crece aceleradamente. Se trata ya de una grave crisis ecológica que se agudiza cada día (Boff, 1999).

Hace 10,000 años, la población humana fluctuaba entre los 5 y 10 millones de personas. Para el año 1804 alcanzó la cifra de 1,000 millones de habitantes en el mundo; de este año a 1927 (en 123 años), se llegó a los 2,000 millones; de 1927 a 1960 (en 33 años) se alcanzaron los 3,000 millones; de 1960 a 1974 (en 14 años) se alcanzaron los 4,000 millones; de 1974 a 1987 (en 13 años) se llegó a los 5,000

millones y de 1987 a 1999 (en tan solo 12 años), se llegó a los 6,000 millones de habitantes a nivel mundial (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2000).

Como consecuencia de estas presiones antropogénicas sobre los recursos naturales disponibles del planeta, para el año 2000 los sistemas cultivados en el mundo abarcaban ya el 25% de la superficie terrestre y, en la actualidad, las reservas de agua dulce son apenas la cuarta parte de las que existían durante 1960 (Reid *et al.*, 2000).

Algunas de las expresiones más claras de la agresividad del hombre actual en contra del equilibrio ecológico son las modernas prácticas agrícolas, orientadas básicamente a la producción de alimentos para una población humana que no cesa de crecer (Hecht y Cockburn, 1990, citados por Vogel, 2005).

Una de las prácticas agrícolas que más ha impactado negativamente al medio ambiente ha sido, sin duda, la propagación del monocultivo, dado que esta ha influido notablemente en la reducción de la biodiversidad de nuestro planeta (Núñez, 1996).

Existe información al respecto que evidencia que, en años recientes, la humanidad ha incrementado la extinción de las especies vivas a una tasa 1000 veces mayor que las tasas típicas de la historia del planeta. Del 10 al 30% de los mamíferos, aves y anfibios, son actualmente considerados como especies en peligro de extinción (Reid *et al.*, 2000).

Se ha demostrado que la inestabilidad de los agroecosistemas y el aumento de los problemas de plagas, están ligados a la expansión del monocultivo a expensas de la vegetación natural y, por tanto, de los ecosistemas originales (Altieri y Lentourneau, 1982, citado por Núñez, 1996).

Hoy se sabe que mientras más sea el daño a la biodiversidad de los agroecosistemas, mayor será el aumento de plagas, mayor su resistencia y más difícil su control (Núñez, 1996).

El problema se agudiza, por el hecho de que la agricultura irrigada produce actualmente el 33% de la producción mundial de alimentos y se estima que para el año 2025 habrá de producirse en estas áreas el 50% del total de alimentos, con base en la expansión y desarrollo de las áreas irrigadas en diversos países del mundo (Pereira *et al.*, 1996).

El problema radica en que este tipo de agricultura es altamente dependiente del uso excesivo de agroquímicos, entre ellos de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Núñez, 1996), dado que de entre todos los nutrientes del suelo, destaca este elemento por su importancia para el desarrollo de las plantas (Habteselassie *et al.* 2006).

El N es un nutriente particularmente importante dado que generalmente es el factor limitante para el crecimiento de la planta. No obstante, el uso excesivo está vinculado con la calidad del medio ambiente, dado que, en forma de nitratos, ($\text{NO}_3^- \text{N}$) es fácilmente removido a las aguas superficiales del

subsuelo (Vitousek y Howarth, 1991; Schlesinger, 1997; Pierzynski *et al.*, 2000, citados por Habteselassie *et al.* 2006).

Aun cuando el N es esencial para el crecimiento de la planta, elevados niveles del mismo en forma de NO_3^- , puede causar serios problemas de contaminación ambiental. Lo indeseable de las grandes concentraciones de ($\text{NO}_3^- \text{N}$) en el suelo, son los riesgos para la salud humana y de los animales además de la eutrofización de las corrientes de agua (Oxford University Press, 2008).

En los humanos, los NO_3^- y NO_2^- causan varios efectos sobre la salud. Los efectos más comunes son: a) los NO_2^- reaccionan con la hemoglobina en la sangre, causando una disminución de su capacidad de transporte de oxígeno; b) los NO_3^- disminuyen el funcionamiento de la glándula tiroidea; c) los NO_3^- disminuyen la capacidad de almacenamiento de vitamina A; d) tanto los NO_3^- como los NO_2^- producen nitrosaminas, las cuales son conocidas como una de las más comunes causas de cáncer (LENTECH, 2008).

En los animales, debido a los alimentos que estos consumen, al ser ricos en compuestos de N, puede causar una pérdida de la capacidad de transporte de oxígeno por parte de la sangre. Esto, por supuesto, puede tener consecuencias serias para la salud y la vida de los animales (LENTECH, 2008).

En el ganado, el consumo de altas concentraciones de N puede causar también problemas en la glándula tiroidea y disminuir los niveles de almacenamientos de Vitamina A. En los estómagos e intestinos de animales, los NO_3^- pueden convertirse en nitrosaminas, un tipo de sustancia peligrosamente cancerígena (LENTECH, 2008).

Lo anterior justifica el estudio de los costos y beneficios del uso del N en la agricultura. Aun cuando se sabe que los beneficios son mayores que los problemas que genera, los riesgos para la salud humana y la eutrofización están presentes (Oxford University Press, 2008).

Hacia una agricultura orgánica o sustentable

Galloway *et al.*, (1995) han determinado que la fijación biótica del N, en ausencia de actividades humanas, supone un aporte de este elemento al suelo de 90-130 Tg N/año (Tg = teragramo = un trillón de gramos), en tanto que las actividades humanas tienen una carga añadida o adicional de 140 Tg N/año (Galloway *et al.*, 1995, citado por Miliarium Aureum, S.L., 2004).

Estos mismos autores predicen que la tasa de fijación antropogénica de N se incrementará en un 60% para el año 2020, principalmente debido al aumento del uso de combustibles fósiles y fertilizantes sintéticos, especialmente en Asia. Este incremento en la carga de N, está causando ya cambios críticos en los ecosistemas a escala local y global (Galloway *et al.*, 1995, citado por Miliarium Aureum, 2004).

La creciente preocupación por el impacto negativo de la agricultura moderna sobre el medio ambiente y sobre la salud del consumidor, aunado al contundente rechazo del consumidor a los alimentos transgénicos, está conduciendo a un número creciente de agricultores y consumidores hacia la denominada agricultura orgánica o sustentable, por ser esta más saludable y más benigna, tanto para con los seres humanos como para con el medio ambiente (Ruiz, 2004).

Por tanto, el escenario deseable para el futuro mediato e inmediato, lo constituye el desarrollo rural sustentable, entendido este como: “la integración racional de los medios necesarios para la producción, a partir del uso de los recursos naturales y la atención de las necesidades existentes en la población local, empleando las nuevas formas tecnológicas, complementarias a las técnicas tradicionales apropiadas, para el logro de una autosuficiencia alimentaria sostenida, en armonía con la preservación del ambiente, incluyendo el reservorio genético existente” (Núñez, 1996).

El desarrollo rural sustentable se funda en la llamada agricultura orgánica, entendida esta como: “la producción agrícola basada en la optimización de los procesos biológicos y la aplicación de tecnologías compatibles con el medio ambiente. Se reduce en ella considerablemente el empleo de productos de síntesis química, lo mismo que se prescinde de la utilización de organismos genéticamente modificados”. Este tipo de producción se logra sólo mediante el uso racional de los recursos naturales, el incremento y/o mantenimiento tanto de la fertilidad del suelo así como de la biodiversidad (Córdova, *et al.*, 2002).

Tratamiento del estiércol de ganado

Con el incremento de los precios de los fertilizantes comerciales y la alta demanda de productos orgánicos, el uso de estiércol animal como fuente de nutrientes para las plantas tiende a incrementarse (Jawson y Bull, 2002, citados por Habteselassie *et al.*, 2006; Olson, 2001 y Wood *et al.*, 2002),

Aunado a lo anterior, dado que en los sistemas de producción de granjas orgánicas no se utilizan fertilizantes sintéticos, y en virtud de que el estiércol animal es una importante fuente de nutrientes para la planta, las excretas del ganado es también demandado en este tipo de granjas (Mader *et al.*, 2002; Wood *et al.*, 2002; Pimentel *et al.*, 2005).

Lo anterior tiene su explicación en el hecho de que está bien documentado que el estiércol animal puede servir como una importante fuente de materia orgánica y mejorar los elementos nutritivos del suelo, tales como N, P y K (Van Faasen y Van Dijk, 1987, citado por Habteselassie *et al.*, 2006; Schlegel, 1992; Cameron *et al.*, 1997; Stratton and Rechcigl, 1998, citado por Habteselassie *et al.*, 2006).

En algunos países del mundo, la mayoría de las granjas (tres cuartas partes en USA), producen N procedente del estiércol, en cantidades superiores a las que necesitan para sus cultivos o para la producción de las pasturas necesaria para la alimentación de sus animales. Lo significativo es que los volúmenes de estiércol generado en estas explotaciones, en el futuro irá en aumento (Gollehon y Caswell, 2000).

Lo anterior plantea la inevitablemente necesidad de desarrollar formas prácticas y económicamente costeables, para manejar adecuada y racionalmente estos desechos orgánicos.

Con base a los datos acerca de la carga añadida de la actual tasa de fijación de N (140 Tg N/año) por causas antropogénicas calculadas por autores como Galloway *et al.* (1995) y a las tendencias previstas por ellos mismos, se hace cada vez más necesario, idear nuevas formas de utilización racional de los desechos pecuarios como el estiércol. Al respecto se han generado diversas propuestas.

Autores como Ribaudó *et al.* (2003) proponen el transporte del estiércol excedente a suelos con deficiencias de nutrientes, pues se sabe que el crecimiento de las plantas en un medio ambiente árido y semiárido, está limitado tanto por la calidad y tipo de suelo como por la cantidad de agua y nutrientes disponibles.

En este sentido, Aguilar *et al.* (1994), citado por Jurado *et al.*, (2006), reportan beneficios en algunas propiedades de suelos de zonas semiáridas, en este caso de Nuevo México, U.S.A, a través de la aplicación superficial de biosólidos para la producción de forrajes como *Bouteloua gracilis*.

Recientes investigaciones realizadas en México al respecto, corroboran los mismos resultados en suelos de pastizales nativos, propios del desierto de Chihuahua (Rostagno y Sosebee, 2001; Moffet *et al.*, 2005),

En estudios realizados al Suroeste de los Estados Unidos por Khaleel *et al.* (1981) y Fuller (1991), este último citado por Jurado *et al.* (2006), se ha encontrado que la fertilidad del suelo puede ser mejorada mediante la aplicación de materia orgánica contenida en el estiércol, al igual que mediante el uso de aguas residuales de las explotaciones ganaderas, debidamente tratadas para el control de patógenos (Jurado *et al.*, 2006).

Un estudio pionero realizado por Fresquez *et al.* (1990) en Nuevo México, reportó también los favorables efectos sobre las propiedades del suelo y de la planta, luego de la aplicación de biosólidos en ecosistemas semiáridos.

Así mismo, Hubbard *et al.* (1987), citado por Woodard *et al.* (2002), evaluando un sistema de cultivo de zacate bermuda y *Rye grass* anual (*Lolium multiflorum Lam*), empleando los efluentes de establos lecheros a una tasa anual de 530 a 1080 kg ha⁻¹, aplicados a través de un sistema de irrigación de

pivote, encontraron que la concentración mensual promedio de $\text{NO}_3^- \text{N}$ en el agua del suelo a 2.4 m por debajo de la superficie, fluctuó dentro del rango de 10 a 50 mg L^{-1} ,

Por su parte, Vellidis *et al.* (1993), citado por Woodard *et al.* (2002), en un estudio por ellos realizado durante un periodo de dos años, encontraron a 2 m de profundidad una concentración de $\text{NO}_3^- \text{N}$ de 0 a 14 mg L^{-1} .

Una segunda opción sería la adopción de estrategias para el adecuado manejo del estiércol, con el propósito de evitar el negativo impacto sobre el medio ambiente, tales como: a) el tratamiento de las lagunas de oxidación, b) el compostado (Gagnon *et al.*, 1998; Stratton y Rechcigl, 1998) y c) la solarización del estiércol, entre otras (Salazar *et al.*, 2002).

En cuanto al compostado del estiércol, puede decirse que es un método común para la elaboración sostenida de un producto inocuo a partir de las excretas pecuarias: a) con poder fertilizante, b) con poco olor, c) con un potencial bajo de producción de moscas y d) con la ventaja de que pueda ser almacenado y esparcido (Eghball, 2000).

Una ventaja más de la composta, es la muerte de gérmenes patógenos y de semillas de malas hierbas, además de que facilita el manejo del estiércol mismo, debido a la reducción de su volumen y su peso (Eghball, 2000).

La cantidad de composta a ser aplicada a un suelo en particular depende de varios factores, de entre los que destaca la composición del estiércol y la calidad de la composta misma (Eghball, 2000). Eghball *et al.* (1997) encontraron, por ejemplo, que se pierde del 20 al 40% del N y del 46 al 62% del C totales, durante el proceso de compostado del estiércol de bovino y que ocurren, además, pérdidas importantes de K y Na (>6.5% del K y Na totales), tanto en el transcurso del escurrido como por efecto de la aireación o precipitación del mismo durante el proceso.

Por otra parte, se ha encontrado que almacenar el purín del ganado por largos periodos de tiempo, especialmente a una alta temperatura, viene a ser el mejor camino para la producción de NH_4^+ (Patín, 1992, citado por McCrory y Hobbs, 2001).

El uso de lagunas como procedimiento biológico de tratamiento del estiércol para conservar la materia orgánica del mismo en la producción sustentable de alimentos, se ha venido convirtiendo en una práctica muy popular en algunos países. En este caso, el sobrenadante de estas lagunas se aplica a los cultivos agrícolas, praderas cultivadas y parques, incluso mediante sistemas de riego por aspersión (Miller, 1990).

El purín (mezcla de estiércol y orina) del ganado, es una valiosa fuente de sustancias con poder fertilizante para la producción agrícola. No obstante, su valor se ve reducido, al mismo tiempo, por las

significativas pérdidas de N atribuidas a las características mismas de esta forma de desecho pecuario, principalmente mediante la volatilización del NH₃ (Lauer *et al.*, 1976; Pain *et al.*, 1990; Hartung y Phillips, 1994).

La solarización es otro de los métodos que se utiliza para el tratamiento del estiércol del ganado. Es esta, en esencia, una técnica no contaminante de desinfección del suelo, misma que se basa en el aprovechamiento de la radiación solar (Salazar, 2005).

En términos concretos, la solarización consiste en cubrir el material a tratar con un film de polietileno transparente durante los meses del año con mayor temperatura. La solarización induce cambios biológicos, físicos y químicos, que modifican positivamente en el material solarizado la composición microbiológica del mismo (Lundstedt *et al.*, 2006).

Bajo el plástico la temperatura supera los 50°C en la capa superficial, durante las horas de mayor insolación. Esto es relevante, dado que la mayor parte de los organismos existentes en los materiales solarizados, sea suelo o estiércol, muere cuando la temperatura supera los 37°C durante un largo periodo (4 a 6 semanas); más aún, cuanto las capas superiores se calientan más rápida e intensamente que las capas profundas, pues se ha encontrado que muchos microorganismos causantes de enfermedades son controlados hasta una profundidad de 45 cm (Lundstedt *et al.*, 2006).

La solarización tiene un complejo modo de actividad que puede controlar un amplio espectro de patógenos del suelo y estiércol, así como de malezas, insectos y nemátodos. Algunas de sus grandes ventajas es que este procedimiento de tratamiento de estiércol, puede ser exitosamente combinado con otras medidas de control y sustituir el uso del *bromuro de metilo* (Salazar, 2005).

Una técnica de tratamiento del estiércol como la solarización es relevante y útil, dado que el *bromuro de metilo* es un gas que se utiliza actualmente como pesticida para controlar un gran número de plagas y enfermedades de los cultivos.

Esta sustancia generalmente se utiliza en el campo para el control de nematodos, hongos, malezas e insectos. No obstante, se trata de un compuesto químico extremadamente tóxico, a grado tal que la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica en la categoría 1 (Salazar, 2005).

De entre las varias razones que hacen del *bromuro de metilo* una substancias peligrosa, es el hecho penetra especialmente por los pulmones al cuerpo de la persona expuesta al mismo, causando en ella serios problemas e incluso la muerte; puede atacar, incluso, el sistema nervioso, Por lo general, después de un contacto excesivo al bromuro de metilo, se presentan daños crónicos irreversibles en el hígado, riñones y pulmones. Existen evidencias de que puede causar cáncer y defectos al nacimiento (Interforum, 2002).

Este pesticida sintético es, además, el principal causante de la destrucción de la capa de ozono. Se trata de una sustancia biocida, dado que mata a la mayoría de los organismos vivos que se encuentran en el suelo. Por estas razones, conforme al Protocolo de Montreal, se pretende erradicar totalmente el uso del *bromuro de metilo* a nivel mundial durante la primera década del siglo XXI (Bardales, 1998).

Lo anterior planteó la necesidad de desarrollar, en el menor tiempo posible, una alternativa no química para el control de nematodos; fue así que surgió como opción la solarización, por ser esta una técnica de desinfección de los desechos orgánicos pecuarios, basada en la biofumigación (Bardales, 1998).

La producción de avena en México y Durango

Ahora bien, como es sabido, en los sistemas de producción de carne y leche de alta productividad, es una condición fundamental la estabilidad de la producción de forrajes de buena calidad durante todo el año. Luego entonces, proporcionar pastura verde al ganado, incluso durante el invierno, es una alternativa eficaz y económicamente deseable para mantener la producción, con base en una oferta de buen forraje, sobre todo durante el otoño y el invierno (Di Nucci, 2008).

Lo anterior cobra una especial relevancia en nuestra entidad Federativa, dado que tan sólo durante el 2009 en Durango se produjeron 47,345 toneladas de carne de bovino en canal, esto es, el 9.5 % de la producción nacional, ocupando con esta cifra el 10º lugar de 32 entidades de nuestro país. En cuanto a la producción de leche, el estado de Durango logró durante el mismo año 2009 una producción de 764,704 toneladas de leche de bovino, esto es, el 9.6 % de la producción nacional de leche, ocupando con esta cifra el 3er lugar como productor de leche a nivel nacional (INEGI, 2009).

En la producción mundial de cereales, la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte. Los países que más destacan en la producción de avena, expresada en miles de toneladas, son los siguientes: Federación de Rusia (6.135.000), Canadá (2.838.300), Estados Unidos (1.918.150), Finlandia (1.400.000), Australia (1.300.000), Alemania (1.131.000), China (1.050.000), Suecia (990.000), Ucrania (935.000), España (749.700), Reino Unido (680.000), Argentina (642.360), Rumania (520.000), Francia (462.000), Chile (344.527), Brasil (317.342), Kazajstán (253.500), Turquía (250.000), República Checa (150.000), Suiza (117.000), Irlanda (128.000), México (90.0) (García, 2007).

En nuestro país, la producción de avena se divide en 2 grandes grupos, dependiendo de su destino o consumo: a) en avena forrajera y b) avena grano. La avena forrajera es utilizada básicamente como alimento para animales y la avena grano para consumo humano. La primera, la avena forrajera, se siembra en casi toda la República Mexicana (SARH, 1993).

La superficie total en promedio que a principio de la década de los 90's se destinaba al cultivo de este forraje era del orden de las 316,040 hectáreas, correspondiendo el 21% para el ciclo otoño/invierno y el 79% al de primavera/verano (SARH, 1993).

En cuanto al tipo de sistema de siembra, encontramos que en el ciclo P/V la mayor superficie, el 97%, se siembra en la modalidad de temporal, mientras que en el ciclo O/I la situación era diferente, ya que las superficies de riego eran mucho mayores que las de temporal, con una distribución del 89% y el 11% respectivamente, debido a que en los primeros meses del año disminuye la producción de otros forrajes para ganado, los cuales se sustituyen con avena forrajera (SARH, 1993).

A principio de los 90's, el índice de rendimiento en la producción de avena en México se mantenía, con algunas variaciones, entre 8,446 kg ha⁻¹ (1990) y 8,286 (1993), alcanzando su menor nivel en 1992, año durante el cual se registraron rendimientos de 7,035 kg/ha (SARH, 1993).

En relación a la producción nacional anual de avena forrajera, a inicios de los años 90's ésta no sufrió variaciones importantes a nivel nacional; su nivel máximo se logró en 1990, cuando alcanzó 2.6 millones de toneladas, en tanto que el mínimo se registró en 1992 al obtener 2.3 millones de toneladas (SARH, 1993).

Tomando como base el ejercicio de 1990, se observa una reducción en la producción obtenida para 1993 de poco más del 7%, aunque en términos generales se puede hablar de estabilidad en las cifras durante ese tiempo (SARH, 1993).

Es importante señalar que en el caso de la producción de avena forrajera, la mayor parte se obtenía entonces en superficies de riego, correspondiendo a esta modalidad el 55% de la producción total en lo que va de la década de los 90's, mientras que el 45% se obtiene bajo condiciones de temporal (SARH, 1993).

Entre los principales estados de la República Mexicana que se destacan como productores de avena forrajera se encuentran, Coahuila, Chihuahua, Durango y Zacatecas, los cuales en conjunto producían ya en la década pasada el 67% en promedio del total nacional. El Estado de México es la única entidad federativa que ha mostró un crecimiento constante durante la década de los 90's (SARH, 1993).

Los estados que mayor superficie dedican desde la década pasada a este cultivo son Chihuahua, Zacatecas, Durango, México y Coahuila. Durante ese periodo de tiempo, con excepción de 1992, la superficie sembrada mostraba una tendencia a disminuir, pasando de 311,211 ha en 1990 a 297,138 en 1993; es decir, un 9% de reducción (SARH, 1993).

De acuerdo con datos de la SARH (1993), durante el año 1990, la superficie total destinada al cultivo de la avena en el estado de Durango, fue de 40 mil ha; para 1991, 50 mil ha; para 1992, 49 ha y para 1993, 44 mil ha.

Actualmente, cerca del 80% de la producción nacional de avena se destina al consumo como forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados. Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, proporciona alta cantidad de energía metabolizable y su fibra tiene mejores cualidades que otros cereales. Entre las cualidades del grano destacan la alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y de vitamina B (García, 2007).

Para el año 2005, la superficie sembrada de avena forrajera durante el ciclo otoño-invierno en el Estado de Durango fue de 13,870 has, mientras que para el periodo primavera-verano del mismo año fue de 125,669 has. La producción obtenida durante ambos ciclos fue de 377,428 y 846,341 ton respectivamente (SABARPA, 2005).

La siembra de avena forrajera en el estado de Durango, al igual que en otras entidades del país, como Zacatecas y San Luís Potosí, ha cobrado tal relevancia como cultivo alternativo, que actualmente existen incluso programas oficiales de apoyo para la conversión del cultivo de frijol por el de avena para el ciclo primavera-verano, como parte importante de la estrategia orientada a asegurar el cambio del uso del suelo, todo esto en base a los resultados obtenidos mediante investigaciones realizadas por el INIFAP. Solo para el año 2004 se asignó un apoyo oficial de \$ 650.00 por ha para la reconversión una superficie estimada de 45000 has. (SAGARPA, 2004).

La producción de avena forrajera en el Estado de Durango durante el año 2008, fue de 1, 530,932 ton, el 13.9 % de la producción nacional, ocupando de este modo el 4º lugar como productor de avena forrajera. En comparación, la producción estatal de alfalfa fue, para el mismo año 2008, de 2, 055,476 ton, el 7 % de la producción nacional, ocupando así el 5 lugar en la producción de alfalfa (INEGI, 2009).

De los cultivos que se siembran durante el ciclo otoño-invierno cada año en la Comarca Lagunera, la avena es el segundo cultivo de mayor importancia (Salazar et al., 2003). Existe el dato de que en años recientes en esta Región se han establecido poco más de 5337 ha por año (SAGAR, 1999^a).

Con base a los hechos descritos anteriormente, el propósito de la investigación consistió en estudiar el efecto de la adición de estiércol, tanto de bovino como de ovino solarizado, sobre la producción de avena forrajera (*Avena sativa*), como una alternativa de fertilización orgánica en la producción de forraje para la alimentación del ganado como una estrategia útil y económica para la producción

sustentable de alimentos de origen animal para la población humana cuya característica sea su inocuidad y su elevada calidad biológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

Con el propósito de evaluar el efecto de la adición de estiércol solarizado sobre el rendimiento y calidad en la producción de avena forrajera (*Avena sativa*), durante los meses de enero a mayo del 2008 se realizó la presente investigación, en un predio agrícola ubicado en el Valle del Guadiana del municipio de Durango, Dgo., México, localizado a 1875 msnm, a una latitud de 23° 57' 09.26 N y una longitud de 104° 33' 39.5 O. Con este propósito, estiércol de vacas lecheras, de la raza Holstein Frisian, alimentadas a base de pradera de *Rye grass* y concentrado del 17 % de proteína, y ovinos de las razas Rambouillet y Suffolk, fue solarizado durante los meses de enero, febrero y marzo. Ambos estiércoles fueron aplicados, a las dosis de 80, 120 y 160 ton ha⁻¹ después de la siembra de semilla de avena forrajera de la variedad Chihuahua, aun cuando las dosis de estiércol generalmente utilizadas ha sido de 10 a 30 ton ha⁻¹ dependiendo tanto del tipo de cultivo y suelo, como del tipo y estado del estiércol y diversas consideraciones económicas (INTA, 1999). Esto se hizo con la idea de aplicar dosis extremas que puedan ser utilizadas para promover una rápida recuperación de suelos muy dañados por la erosión y de los suelos imperantes en las zonas áridas y semiáridas. Los tratamientos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos

SIGLAS	DESCRIPCIÓN
BS80	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 120 ton ⁻¹
BS120	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 120 ton ⁻¹
BS160	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 160 ton ⁻¹
BSS80	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 80 ton ⁻¹
BSS120	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 120 ton ⁻¹
BSS160	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 160 ton ⁻¹
OS80	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 80 ton ⁻¹
OS120	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 120 ton ⁻¹
OS160	Estiércol de Bovino Solarizado a dosis de 160 ton ⁻¹
OSS80	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 80 ton ⁻¹
OSS120	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 120 ton ⁻¹
OSS160	Estiércol de Bovino sin Solarizado a dosis de 160 ton ⁻¹
T	Testigo

Diseño experimental.

Para el experimento se utilizaron dos tipos: a) a base de estiércol de bovino y b) a base de estiércol de ovino. Para cada caso se utilizó estiércol solarizado y sin solarizar a tres dosis diferentes: 80, 120 y 160 ton ha⁻¹, además de un tratamiento Testigo, en el que no se empleó estiércol (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diseño del experimento

Testigo	Estiércol de Bovino						Estiércol Ovino					
	Solarizado			Sin solarizar			Solarizado			Sin solarizar		
	0	80	120	160	80	120	160	80	120	160	80	120
T ₁	BS80 ₁	BS120 ₁	BS160 ₁	BSS80 ₁	BSS120 ₁	BSS160 ₁	OS80 ₁	OS120 ₁	OS160 ₁	OSS80 ₁	OSS120 ₁	OSS160 ₁
T ₂	BS80 ₂	BS120 ₂	BS160 ₂	BSS80 ₂	BSS120 ₂	BSS160 ₂	OS80 ₂	OS120 ₂	OS160 ₂	OSS80 ₂	OSS120 ₂	OSS160 ₂
T ₃	BS80 ₃	BS120 ₃	BS160 ₃	BSS80 ₃	BSS120 ₃	BSS160 ₃	OS80 ₃	OS120 ₃	OS160 ₃	OSS80 ₃	OSS120 ₃	OSS160 ₃

Al inicio del experimento, es decir, el día de la siembra del cultivo (día 0) y a los días 30 y 60 después de la siembra, se tomaron muestras de suelo a 20, 40, 60 y 80 cm de profundidad para la determinación del pH, densidad, N total y N amoniacal de todas las parcelas, para determinar el grado de pérdida de N por filtración hacia el subsuelo o mantos friáticos.

Para la determinación del pH se utilizó un peachímetro portátil. Para la determinación de la densidad del suelo se utilizó tomaron muestras de suelo, se midió su masa y volumen y se calculó la densidad real conforme a la formula siguiente: Densidad real = masa/volumen

El valor de la densidad se expresó en gramos de suelo por 1000 centímetros cúbicos: g/1000cm³.

Así mismo, para la medición de los niveles de N total y amoniacal del suelo, se utilizó el método de Kjendal modificado.

Para la determinación del rendimiento y calidad del forraje de avena producido se midieron los siguientes parámetros: a) crecimiento; b) peso seco, c) crecimiento de la raíz, d) número de granos por planta, e) peso de la semilla individual, f) peso de la hoja individual, g) producción de semilla (kg ha⁻¹), h) producción de tallo (kg ha⁻¹), i) producción de hoja (kg ha⁻¹) y j) producción de avena como forraje seco (kg ha⁻¹).

El crecimiento se evaluó durante el desarrollo del cultivo. Con este propósito, se tomaron muestras de avena a los 30, 42, 49 y 59 días después de la siembra. El resto de los parámetros se determinó a la

cosecha de la avena, cuando el grano de la misma se encontraba en estado masoso lechoso, lo que ocurrió a los dos meses después de la siembra.

Para la determinación de la calidad del forraje se determinaron los contenidos de: a) N total, b) N amoniacal, c) fibra detergente ácida (FDA), d) celulosa y e) lignina detergente ácida (LDA) en semilla, hoja y tallo de la planta de avena producida.

Para la determinación de los contenidos de N total y N amoniacal de la planta se utilizó el método de Kjendal modificado; en tanto que para la determinación de celulosa, FDA y LDA, se utilizó el método de Van Soest 1980,

Los resultados se analizaron utilizando un análisis bloques al azar, con arreglo factorial, para cuatro niveles de estiércol, 0, 80, 120, 160 ton ha⁻¹, con dos tratamientos, solarizado y no solarizado, dos fuentes de estiércol, de bovino y de ovino, con tres repeticiones, utilizando para ello el paquete estadístico SAS 9.1,

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la adición de estiércol solarizado sobre el crecimiento de la planta avena forrajera

A los 30 días después de la siembra, se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$), sobre el crecimiento de la planta de *Avena sativa*, entre los tratamientos OS120 (28.5 cm) y el Testigo (15.9 cm); a los 42 días, las diferencias significativas ($P < 0.05$), ocurrieron entre el tratamiento OSS80 (43.2 cm) y Testigo; a los 49 días las diferencias significativas ($P < 0.05$) se observaron entre los tratamientos OSS80 (61.7 cm) y Testigo (24 cm) y a los 59 días, las diferencias significativas ($P < 0.05$) ocurrieron entre los tratamientos OS80 (85.7 cm) y el Testigo nuevamente (Cuadro 3).

Como se aprecia en el Cuadro 48, durante los primeros 30 días con el tratamiento OS120 (28.5%) se logró el mayor crecimiento de la avena forrajera. No obstante, durante el segundo mes el tratamiento OSS80 (85.7 cm) superó al anterior (75.9 cm). Así mismo, se aprecia también en el mismo cuadro, que a lo largo de todo el desarrollo del cultivo, fue con el Testigo con el que la planta de avena mostró un menor desarrollo: a los 30 días 15.9 cm vs 28.5 del mayor; 42 días 18.0 cm vs 43.2 cm del mayor; 49 días 24.8 cm vs 61.7 cm del mayor y 41.7 vs 85.7 cm del mayor crecimiento.

Cuadro 3. Resumen del comportamiento del crecimiento (cm) con los distintos tratamientos a los 30, 42, 49 y 59 días después de la siembra

TRATAMIENTOS	30 días cm	42 días cm	49 días cm	59 días cm
BS80	27.8 ^{ab}	40.8 ^{ab}	50.7 ^b	70.2 ^{bc}
BS120	27.9 ^{ab}	38.6 ^{abc}	50.8 ^b	72.0 ^{bc}
BS160	25.7 ^{abc}	37.6 ^{abc}	51.2 ^b	72.6 ^{bc}
BSS80	28.3 ^{ab}	40.6 ^{ab}	52.2 ^b	76.7 ^b
BSS120	26.1 ^{abc}	40.1 ^{abc}	52.7 ^b	69.1 ^{bc}
BSS160	26.5 ^{abc}	34.4 ^c	47.2 ^b	64.2 ^{cd}
OS80	24.2 ^{bc}	38.8 ^{abc}	50.3 ^b	72.0 ^{bc}
OS120	28.5^a	39.2 ^{abc}	53.7 ^b	75.9 ^b
OS160	25.7 ^{abc}	38.5 ^{abc}	50.8 ^b	76.4 ^b
OSS80	28.2 ^{ab}	43.2^a	61.7^a	85.7^a
OSS120	23.0 ^c	35.9 ^{bc}	49.2 ^b	64.0 ^{cd}
OSS160	24.4 ^{abc}	36.7 ^{bc}	48.3 ^b	57.8 ^d
Testigo	15.9 ^d	18.0 ^d	24.8 ^c	41.7 ^e

^{abcd}Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes.

En el Cuadro 4 se observa que la mayor de las pendientes de la avena forrajera corresponde a los tratamientos OS160 y OSS80, ambos con una pendiente de 1.7297 cm d⁻¹. Este hecho a final de cuentas

significa que con ambos tratamientos se lograron las mayores alturas de la planta, 85.7 y 76.4 cm respectivamente, valores de crecimiento significativamente diferentes ($P < 0.05$) de los logrados con el resto de los tratamientos, incluyendo el Testigo, talo como se muestra en el Cuadro citado.

Cuadro 4. Análisis de regresión del crecimiento de la avena en función de los tratamientos

Tratamientos	Regresiones de la avena $y = a + bx$ ($x =$ tiempo en días)		r^2
	a	b	
BS80	-17.8462	1.4505	0.6678
BS120	-20.8717	1.5159	0.8326
BS160	-25.9970	1.6183	0.7700
BSS80	-24.8501	1.652	0.8152
BSS120	-20.1635	1.4938	0.8309
BSS160	-16.0753	1.3158	0.8487
OS80	-27.2839	1.6365	0.8833
OS120	-24.4665	1.6412	0.7308
OS160	-29.9342	1.7297	0.7840
OSS80	-29.9342	1.7297	0.7840
OSS120	-21.5357	1.4358	0.9112
OSS160	-15.9921	1.3076	0.8339
Testigo	-14.2689	0.8756	0.6589

En el mismo Cuadro 4 se muestra que las pendientes de todos los tratamientos, incluyendo al Testigo tienen un valor negativo.

Por los resultados que se muestran en mayor o menor grado la totalidad de los tratamientos mostraron efectos positivos sobre el crecimiento de la avena cultivada, dado que todos alcanzaron valores superiores al Testigo durante el transcurso del cultivo.

Efecto de la adición de estiércol solarizado sobre los principales parámetros físicos de la avena forrajera (Avena sativa) cosechada a los 60 días después de la siembra

Los parámetros físicos de la avena seleccionados para la presente investigación fueron los siguientes: a) peso seco de la planta (PS), b) longitud de la raíz (CMR), c) número de granos de las espigas (NG), peso de la semilla (PSEM) y peso de las hojas (PDHO).

Al analizar el efecto de las variables independientes en interacción simple, sobre los parámetros físicos de la avena, asumidos aquí como variables de respuesta, se encontró, tal como se observa en el Cuadro 5, que al comparar los estiércoles el de ovino resultó ser el más eficaz, dado que con este se obtuvo el

mayor peso seco de la planta de avena (4.51 gr vs 2.02 del Testigo), la mayor longitud de la raíz de la planta (9.12 cm vs 2.50 cm del Testigo), el mayor número de granos por planta (26 vs 16 del testigo), el mayor peso de la semilla individual (1.3 gr vs 0.37 del Testigo) y el mayor peso de la hoja individual de la avena cosechada (0.78 gr vs 0.37 gr del Testigo).

En el mismo Cuadro 5 se aprecia que al comparar la solarización con la no solarización el mayor peso seco (3.89 gr vs 2.02 del Testigo) y la mayor longitud de la raíz (8.86 cm vs 2.50 cm del Testigo) se logró con el estiércol no solarizado, en tanto que el mayor número de granos por planta (25.61 vs 16 del Testigo), el mayor peso de la semilla individual (1.26 gr vs 0.65 del Testigo) y el mayor peso de la hoja individual (0.93 gr vs 0.37 gr del Testigo). Dado que estos parámetros le dan a la vena en buena medida su calidad como forraje, puede decirse que los resultados de logrados con la solarización resultaron ser los más deseables.

En cuanto a la comparación de las dosis (Cuadro 5), se tiene que la dosis más eficaz fue la de 160 ton ha⁻¹, ya que con ella se logró el mayor peso seco de la planta de avena (4.37 gr vs 2.02 gr de la dosis 0 ton ha⁻¹), el mayor número de granos por planta (25.36 vs 16 del Testigo), el mayor peso de la semilla individual (1.30 gr vs 0.65 gr del Testigo) y el mayor peso de la hoja individual (0.88 gr vs 0.37 gr del Testigo).

Cuadro 5. Efecto del tipo, tratamiento y dosis de estiércol sobre los parámetros físicos de la planta de avena cosechada a los 59 de la siembra

TRATAMIENTO	Parámetros físicos										
	Tipo de estiércol	n	Psec1 gr	n	CMR2 cm	n	Ngpp grano/planta	n	Psem gr	n	PDHO gr
Bovino	18	3.32ab	18	7.65a	18	19.83a	18	1.00ab	18	0.67ab	
Ovino	16	4.51 ^a	16	9.12a	16	26.00a	16	1.30 ^a	16	0.78 ^a	
Testigo	2	2.02b	2	2.50b	2	16.00a	2	0.65b	2	0.37b	
Proceso											
Testigo	2	2.02b	2	2.50b	2	16.00a	2	0.65b	2	0.37b	
No solarizado	16	3.89a	16	8.86 ^a	16	19.50a	16	1.01ab	16	0.49b	
Solarizado	18	3.87 ^a	18	7.88 ^a	18	25.61a	18	1.26 ^a	18	0.93 ^a	
Dosis											
0 ton Ha ⁻¹	2	2.02b	2	2.5b	2	16.00a	2	0.65b	2	0.37b	
80 ton Ha ⁻¹	12	3.77 ^a	12	8.23 ^a	12	22.16a	12	1.06ab	12	0.71 ^a	
120 ton Ha ⁻¹	11	3.50ab	11	8.54 ^a	11	20.72a	11	1.07ab	11	0.58ab	
160 ton Ha ⁻¹	11	4.37 ^a	11	8.27 ^a	11	25.36a	11	1.30 ^a	11	0.88 ^a	

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

¹ Psec = peso seco; Psem = peso de la semilla; Ngpp = Número de granos por planta; C.R. = Crecimiento de la raíz.

Crecimiento de la raíz

Efecto de la adición de estiércol solarizado sobre los niveles de rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa*) cosechada a los 60 días después de la siembra.

En una interacción simple de las variables independientes, se encontró que el mayor rendimiento de semilla de la avena cosechada se obtuvo con el estiércol de bovino (1889 kg ha⁻¹ vs 963.9 kg ha⁻¹ del Testigo); con el estiércol solarizado (1811.7 kg ha⁻¹ vs 963.9 kg ha⁻¹ del Testigo) y con la dosis 120 ton ha⁻¹ 1803.7 vs 963.9 del kg ha⁻¹ Testigo)

Considerando las variables independientes en una interacción doble, se encontró que el estiércol de ovino no solarizado fue la interacción con la que se logró el mayor rendimiento de semilla (1929.3 kg ha⁻¹ vs 963 del Testigo), el más alto rendimiento de tallo (2313.1 kg ha⁻¹ vs 1493.5 del Testigo), el más elevado rendimiento de hoja (2196.9 kg ha⁻¹ vs 636.4 kg ha⁻¹ del Testigo) y de rendimiento de la avena como forraje seco (6439 kg ha⁻¹ vs 3094 kg ha⁻¹ del Testigo) (Cuadro 6).

En la interacción tipo de estiércol – dosis, se encontró que con el estiércol de ovino aplicado a la dosis de 120 ton ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento de tallo (2373.5 kg ha⁻¹ vs 1493.5 kg ha⁻¹ del Testigo) y el mayor rendimiento de avena como forraje seco (5941 vs 3094 del kg ha⁻¹ Testigo) (Cuadro 6).

En la interacción tipo de tratamiento del estiércol – dosis, fue con la no solarización y la dosis 120 con la que se logaron los resultados más altos en cuanto al rendimiento de la avena cosechada: peso seco (2038.4 kg ha⁻¹ vs 963 kg ha⁻¹ del Testigo), rendimiento de tallo (2495.3 kg ha⁻¹ vs 1493.5 kg ha⁻¹ del Testigo), rendimiento de hoja (2213.7 vs 636 del Testigo) y rendimiento de la avena como forraje seco (6747 kg ha⁻¹ vs 3094 kg ha⁻¹ del Testigo) (Cuadro 6).

De este análisis se desprende la eficacia del tratamiento a base de estiércol de ovino no solarizado y la dosis de 120 ton ha⁻¹.

Cuadro 6. Efecto del tipo, tratamiento y dosis de estiércol sobre los parámetros de rendimiento de la avena a la cosecha

T r a t a m i e n t o s		Parámetros físicos de la avena					
Estiércol	Ton ha ⁻¹	n	Psem	Ptallo	Phoja	PAFS	
A _i *	B _j		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	
Bovino	Solarizado	9	1327.9ab	1560.4 ^a	1257.1bc	4145b	
Bovino	No solarizado	10	1717.6ab	18.43.9 ^a	1705.8ab	5267ab	
Ovino	Solarizado	9	1854.3ab	1853.5 ^a	13.35.1bc	5043ab	
Ovino	No solarizado	8	1929.3 ^a	2313.1 ^a	2196.9 ^a	6439a	
Testigo	Ninguno	3	963b	1493.5 ^a	636.4c	3094b	
A _i *	C _k						
Bovino	80	7	1329.5	1691.0a	1172.0ab	4193ab	
Bovino	120	6	1826.7 ^a	1904.5 ^a	1812.7 ^a	5544ab	
Bovino	160	6	1476.7 ^a	1536.4 ^a	1548.7ab	4562ab	
Ovino	80	5	1919,9 ^a	2043.9 ^a	1698.1 ^a	5662ab	
Ovino	120	6	1780.7 ^a	2373.5 ^a	1787.3 ^a	5941 ^a	
Ovino	160	6	1973.2 ^a	1787.6 ^a	1729.4 ^a	5490ab	
Testigo		3	963.9 ^a	1493.5 ^a	636.4b	3094b	
B _j *	C _k						
Solarizado	80	6	1205.1ab	1625.8 ^a	1057.9bc	3889bc	
Solarizado	120	6	1568.9ab	1782.7 ^a	1386.4abc	4738abc	
Solarizado	160	6	1999.2ab	1712.4 ^a	1444.1abc	5156abc	
No Solarizado	80	6	1945.9ab	2050.3 ^a	1724.6ab	5721ab	
No Solarizado	120	6	2038.4 ^a	2495.3 ^a	2213.7 ^a	6747 ^a	
No Solarizado	160	6	1450.7ab	1611.6 ^a	1834.0ab	4896abc	
Testigo		3	963.9b	1493.5 ^a	636.4c	3094c	

^{ab} Medias en la misma columna con igual literal no son significativamente diferentes

CONCLUSIONES

Durante la primera mitad del cultivo con estiércol de bovino solarizado, se logró el mayor crecimiento de la planta de avena, en tanto que durante la segunda mitad y durante la segunda mitad el más eficaz resulto ser el estiércol de ovino. De igual manera se observa que la solarización mostró ser más eficaz que la no solarización y que la mejor dosis fue la de 80 ha⁻¹.

Los tratamientos solarizados el tratamiento OS160, a base de estiércol de ovino solarizado, aplicado a la dosis de 160 ton ha⁻¹, fue con el que se obtuvo el mejor desempeño, dado que de los parámetros físicos y de rendimiento seleccionados para la evaluación de la eficacia de los tratamientos utilizados,

en 4 logró los valores más altos, en 5 valores intermedios en ninguno el valor mínimo y en 1 no tuvo efecto alguno. Seguido del tratamiento OSS80, a base de estiércol de ovino sin solarizar aplicado a la dosis de 80 ton ha⁻¹, con el cual en 4 se lograron los valores más altos, en 4 valores intermedios, en 1 el valor más bajo y en 1 no tuvo efecto alguno.

Se observa que los valores más altos logrados por el tratamiento OS160 se aprecian en los parámetros físicos: peso seco, crecimiento de la raíz, peso del grano de semilla y peso de la hoja de la avena cosechada; mientras que los valores más altos del tratamiento OSS80 se observaron en los parámetros de rendimiento: crecimiento de la planta de avena, rendimiento de semilla por hectárea, rendimiento de hoja por hectárea y producción de avena como forraje seco. Estos resultados hablan que el tratamiento OSS80 mostró el mejor desempeño de todos los tratamientos probados en la presente investigación.

Por lo anterior, se concluye que, tanto la adición de estiércol de bovino y ovino, solarizado o no, ejercen un claro efecto fertilizante del suelo agrícola, mediante el cual es posible mejorar tanto los niveles de rendimiento. Así mismo, prácticamente todos los tratamientos mostraron un efecto superior, en mayor o menor medida, sobre la mayoría de las variables de respuesta seleccionadas para la presente investigación. De todos los tratamientos, el tratamiento a base de estiércol solarizado, aplicado a la dosis de 160 ton ha⁻¹ (OSS80), fue el tratamiento que mostró el mejor de los efectos en un mayor número de los parámetros de rendimiento. Además de lo anterior, se tiene que de los tratamientos a base de estiércol sin solarizar, el más eficaz resultó ser el tratamiento a base de estiércol de ovino aplicado a la dosis de 80 ton ha⁻¹ (OSS80), pues con él se logró el mayor rendimiento de avena como forraje. Como se aprecia, en ambos casos se trata de estiércol de ovino, por lo que se concluye que el estiércol de esta especie animal fue más eficaz que el estiércol de en la producción de *Avena sativa*.

LITERATURA CITADA

- Albert, Robert C. 2008. Handling and disposal of vattle feedlot Waste. Journal Of Animal Science, Vol. 32(4)803-810.
- Allen A.L., F.J. Stereson, and L.T. Kurtz, 1973. J. Environ. Qual., 2:120.124.
- Allison F.E. 1955. The enigma of soil nitrogen of soil nitrogen balance sbeets. Adu. Agron. 7:213:250.
- Alvarado, Alfredo y Warren Forsythe. 2005. Variaciones de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(1): 85-94
- Bergström, Lars and Holger Kirchmann. 2004: Leaching and crop utptake of nitrogen from nitrogen-15-labeled green manujres and ammonium nitrate. J. Environ. Qual. 33:1786-1792.
- Castellanos, J.Z. y J.J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 8: 113-126.

- Castellanos, J.Z., J.J. Peña C., V. Badillo, A. Aguilar S., J.A. Acosta G. J.A. Rodríguez G. 1998. Características Agronómicas del frijol asociado a la capacidad de fijación de N₂ en el Centro de México. TERRA. Vol. 16 Num. 4. p. 351.
- Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2000. Población humana. En línea. Disponible en <http://www.tecnium.es/Asignaturas/Ecología/Hipertexto/14PolEsSoc/120PobHum.htm>. Consultado el día 7 de julio del 2008.
- Córdova, A., J.A. Saltijeral y J.F. Pérez. 2002. Producción Animal Sustentable. Med. Vet.; vol. 19 (4): 71-80.
- Delgado, M., M.A. Porcel, R. Miralles, N. Vellido, M. Bigeriego, E. Beltrán y R. Calvo. 1999. Mineralización del nitrógeno procedente de residuos orgánicos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. UNAM. México, D. F., Año/Vol. 15, No. 001, pp. 19-25.
- Eghball, Bahman. 2000: Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:2024-2030.
- FAO. 2010. Celulosa. En línea. Disponible en: www.fao.org/AG/Aga/AGAP/FRG/AFRIS/es/.../480.htm. Consultado el día 18 de abril del 2010.
- Ferlini, H. A. y Del Castillo D., F. (2009). Macronutrientes, micronutrientes, pH y materia orgánica del suelo. En línea. Disponible en: www.buscagro.com/biblioteca/HugoFerlini/SUELO_II. Consultado el día 21 de marzo del 2009.
- Gollehon, N., and M. Caswell. 2000. Confined animal production poses manure management problems. Agric. Outlook. 274:12-18.
- Habteselassie, M.Y., B.E. Miller, S.G. Thacker, J.M. Stark, and J.M. Norton. 2006. Soil nitrogen and nutrient dynamics after repeated application of treated dairy-waste. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1328-1337.
- Ham, J.M., and T.M. DeSutter. 2000. Toward site-specific design standards for animal-waste lagoons: Protecting ground water quality. J. Environ. Qual. 29:1721-1732.
- Harrison, J.A. 2003. El Ciclo del Nitrógeno. Visionlearning, Inc. En línea. Disponible en www.visionlearning.com/library/modulo_espanol.php?mid=98&l=s&c3-45k - Consultado el 17 de enero del 2008.
- Hartung, J., and V. R. Phillips, 1994. Control of gaseous emissions from livestock building and manure stores. J. Agric. Eng. Res. 57:173-189.
- Ibañez, J. José. 2007. pH del suelo. En línea. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo//2007/04/02/62776>. Consultado el día 6 de junio del 2010.
- INEGI. 2009. Perspectiva estadística Durango. En línea. Disponible en: www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/.../abrepdf.asp?upc... Consultado el día 30 de Marzo del 2010.
- Interforum. 2002. Bromuro de metilo. En línea. Disponible en http://www.revistainterforum.com/espanol/articulos/artvegano_131801.html. Consultado el día 9 de abril del 2007.
- Jun, Seong-Chun, Gwang-Ok Bae, Kang-Kun Lee, and Hyung-Jae Chung. 2005. Identification of the source of nitrate contamination in ground water below an agricultural site, Jeungpyeong, Korea. J. Environ. Qual. 34:804-815.
- Jurado, Pedro, David B. Wester, and Ernest B. Fish. 2006. Soil nitrate nitrogen dynamics after biosolids application in a Tobosgrass desert grassland.
- LENNTECH. 2008. Nitrógeno N. En línea. Disponible en www.lennotech.com/espanol/tabla-peiodica/N.htm - 23k -. Consultado el día 17 de enero del 2008.

- LIBRO ELECTRÓNICO CIENCIA DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE (2006): “Suelo”. (En línea). Disponible en www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm - 22k Revisado el 16 de septiembre del 2006.
- Lundstedt, J., J. Carrasco, A. Torres y S. González, 2006. Como reemplazar el bromuro de metilo; tratamientos, la desinfección. *Revista TerraAdentro*. Julio-agosto, 4 pp.
- Mader, P., A. Fliebach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697.
- McCrary, D. F., and P. J. Hobbs. 2001. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: A review. *J. Environ. Qual.* 30:345-355.
- Miliarium Aureum, S.L., 2004. Fases del ciclo del nitrógeno. En línea. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp>. Consultado el día 17 de junio del 2008.
- Miranda, E. 2010. Física de suelos; su impacto en la productividad agrícola. En línea. Disponible en: www.monografias.com/.../suelos...agricola/suelos-productividad-agricola.pdf. Consultado el día 5 de junio del 2010.
- Moffet, C.A., R.E. Zartman, D.B. Wester, and R.E. Sosebee. 2005. Surfasebiosolids application: Effects on infiltration, erosion and soil properties in Chihuahua desert grasslands and shrublands. *J. Environ. Qual.* 34:299-311.
- Olson, K. y N. Senjem. 1996. Economics comparison of incremental changes in tillage systems in the Minnesota river basin. University of Minnesota. Crookston, MN.
- Oxford University Press. 2008. European review of agricultural economics. *Oxford Journal* 17(2):129-151.
- Pain, B. F., R. B. Thompson, Y. J. Rees, and J. H. Skinner. 1990. Reducing nitrogen losses from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *J. Anim. Sci.* 45:1188-1203.
- Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds, and R. Seidel. 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55:573-582.
- Pinochet, Dante, Judith Mendoza y Arturo Galvis. 2000. Potencial de mineralización de nitrógeno de un Hapludand con distintos manejos agrícolas. *Cien. Investig. Agr.* 27(2):97-100.
- Pirela, M.F., T. Clavero, L. Fernández y V L. Sandoval. 2006. Balance del nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto Guinea (*Panicum maximum Jacq*) en condiciones de bosque seco tropical. *Rev. Fac. Agron.* v.23 n.1 Caracas ene
- Poovarodom, S. y R. L. Tate, 1988. Nitrogen mineralization rates of the acidic, Xeric soils of the New Jersey pinelands: laboratory studies. *Soil Science*, 145: 337-344.
- Randall, G.W. and D.J. Mulla. 2001. Nitrate nitrogen in surface waters as influenced by climatic conditions and agricultural practices. *J. Environ. Qual.* 30:337-344.
- Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E. 2003. *Biology of Plants*. Sixth Ed. Freeman and Co. Worth Pub. New York.
- Reid, Walter et al., 2000: Millenium ecosystem assessment findings. En Strengthening capacity or manage ecosystems sustentably form human well-being. En: [www. Mimlenniumassessment.org](http://www.Mimlenniumassessment.org).
- Rostagno, C.M. and R.E. Sosebee. 2001. Surface application of biosolids in the Chihuahua desert: Effects on soil physical properties. *Arid Land Res. Manage.* 15(3):233-144.
- Ruiz Marrero, Carmelo. 2004: Auge de la agricultura sustentable. IMEDYA, files://c:/documents%20and%20settings/particular//mis%20documents/agricultura%20sustentable/12110.htm.

- SAGAN. 2007: Formas del nitrógeno en el suelo. En línea. Disponible en <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/11hoja.html>. Consultado el 31 de octubre del 2007.
- SAGAN. 2007. Procesos biológicos. En línea. Disponible en <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/10hoja.html>.
- SAGARPA. 2003: Población ganadera y avícola del municipio de Durango. Subdelegación agropecuaria, Programa Durango. 20 pp.
- SAGARPA; DIARIO OFICIAL. 2004. Lineamientos específicos del Subprograma de apoyos directos para la conversión del cultivo de frijol por el cultivo de granos forrajeros y pastos perennes en los estados de Zacatecas, Durango y San Luís Potosí. Viernes 2 de julio. 2 pp.
- Salazar Sosa, Enrique. 2005: Solarización de estiércol bovino y su uso para mejorar la calidad del suelo hacia una agricultura orgánica. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Mimeo. Durango, 24 pp.
- Salazar Sosa, Enrique, José Dimas López Martínez, Rafael Zúñiga Tarango, Cirilo Vázquez Vázquez, Manuel Fórtiz Hernández, Jesús Vital Silva. 2002. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. En línea. Disponible en www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/uso_estiercol.pdf - Consultado el día 3 de julio.
- Salazar-Sosa E., Lindemann W.C., Smith G., Cárdenas E., 1998 (b). Comparación entre la Mineralización y la denitrificación potencial en dos sistemas de labranza bajo condiciones de laboratorio. *TERRA*, Volumen 16, No 2, 173-180.
- Schipper, L.A.m G. F. Barkle y M. V. Vucovic. 2005. Maximum rates of nitrate removal in a denitrification wall. *J. Environ. Qual.* 34:1270-1276.
- Teaching Ecological Complexity. 2010. Densidad aparente del suelo. En línea. Disponible en: <http://ecoplexity.org/node/596>.
- Valero, J., R. Miralles, E. Beltrán. M.A. Porcel, M.L. Beringola, R. Calvo y M. Delgado. 2006. Mineralización del nitrógeno contenido en un lodo de depuradora secado térmicamente. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 22(3): 125-133.
- Vogel, Joseph Henry. 2005: Economía y biodiversidad. Programa panamericano de defensa y desarrollo de la diversidad biológica, cultural y social, a. C. En línea, files://c/documents%20and%20setting/particular/mis%20documentos/agricultura%20sustentable/economia%20%20biodi... consultado el 10 de abril, del 2006.
- Woodard, Kekketh R., Edwin C. French, Lewin A. Sweatt, Donald A. Graetz, Lynn E. Sollernberger, Bisoondat Macoon, Kenneth M. Portier, Brett L. Wade, Stuart J. Rymph, Gordon M. Prine, and Harold H. Van Horn. 2002. Nitrogen removal and nitrate Leaching for forage systems receiving dairy effluent. *J. Environ. Qual.* 31:1980-1992.
- Wood, M., L. Chávez, D. Comis, and J. Arnold. 2002. Organic grows on America. *Agric. Res.* 50:4-9.

Capítulo X

PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO VARIEDAD SAN LORENZO CON INCORPORACIÓN DE ESTIERCOL SOLARIZADO

Forage Corn Production Variety San Lorenzo With Incorporation of Solarízate Manure Bovine

Manuel Fortis-Hernández^{1§}, Pablo Preciado-Rangel¹, Miguel Á. Segura-Castruita¹, José Luis Hernández-García², Ignacio Orona-Castillo², Jorge Arnalo Orozco-Vidal¹, Enrique Salazar-Sosa^{1, 2} y Juan Antonio Leos-Rodríguez³.

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), DEPI. Torreón, Coahuila, México. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. ³Universidad Autónoma Chapingo (UACH), DCEA. Chapingo, Edo. de México. [§]Autor responsable. fortismanuel@hotmail.com
Trabajo Financiado por la DGEST

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del estiércol solarizado en la producción maíz forrajero Variedad San Lorenzo. Los tratamientos consistieron en la aplicación de las dosis de estiércol: 40, 60 y 80 Mg ha⁻¹, fertilización química N-P-K (200-100-100) y un Testigo sin fertilizar. El diseño experimental fue Bloques al azar con cuatro repeticiones; las variables evaluadas fueron: producción de forraje verde, materia seca, altura de planta, conductividad eléctrica, materia orgánica, pH, nitratos y amonio. El mayor rendimientos de forraje correspondió a la aplicación de 80 Mg ha⁻¹ con un rendimiento medio de 55.5 Mg ha⁻¹; los relativos a materia seca fueron de 13 Mg ha⁻¹. El tratamiento de fertilización química produjo 49 Mg ha⁻¹ de forraje verde, sin embargo, los valores en los tratamientos de 40 y 60 Mg ha⁻¹, se encuentran por arriba de la media regional de 50 Mg ha⁻¹.

Palabras clave: *Zea mays*, nitratos y amonio.

SUMMARY

The objective of the present work was to evaluate the effect of the application of the manure bovine solarizate in the production corn production forage Variety San Lorenzo. The treatments consisted of the application of the doses of manure bovine: 40, 60 and 80 Mg ha⁻¹, chemical fertilization N-P-K (200-100-100) and a witness without fertilizing. The experimental design was Blocks at random with four repetitions; the evaluated variables were: production of green forage, dry matter, height of plant, electrical conductivity, organic matter, pH, nitrates and ammonium. Greater the forage yields corresponded to the application of 80 Mg ha⁻¹ with a mean efficiency of 55.5 Mg ha⁻¹; regarding dry matter they were of 13 Mg ha⁻¹. The treatment of chemical fertilization produced 49 Mg ha⁻¹ of green forage, nevertheless, the values in the treatments of 40 and 60 Mg ha⁻¹, are by above of the regional average of 50 Mg ha⁻¹.

Key words: *Zea mays*, *nitrates* and *ammonium*.

INTRODUCCIÓN

La producción de forrajes de alta calidad, sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente de agua, es una necesidad en áreas donde la limitación de recursos naturales es alarmante. En la Comarca Lagunera, región semiárida del norte del país, el maíz forrajero ocupa un lugar muy importante dentro del patrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta a las raciones para el ganado bovino lechero. Actualmente en esta región la producción promedio de maíz por hectárea es de 50 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de materia seca. El empleo del maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad, ya que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano (Reta, 2004).

La Laguna es una de las principales cuencas lecheras del país por su aportación de leche a la producción nacional, la cual se ha ido incrementando debido al aumento en la población del hato lechero. La SAGARPA (2009) reporto más de 228,774 cabezas de ganado bovino con una producción de leche que rebasa los dos millones de litros diarios; además, en los últimos diez años ha habido un notable incremento de la producción de leche por vaca por día de alrededor de 35 litros. Este aumento en la productividad requiere del consumo de alimentos de mayor rendimiento y mejor calidad nutricional. Lo anterior ha impactado en la demanda de forrajes y de otras fuentes alternativas de alimentos.

Debido a que los forrajes en México constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes para la alimentación de los rumiantes, su producción es una actividad muy importante que requiere ser estudiada; actualmente los altos costos de producción de los fertilizantes y el impacto ambiental que estos ocasionan, hacen imprescindible buscar alternativas locales de fertilización económicas y que no demeriten los rendimientos de los cultivos; una de ellas pueden ser el uso de los abonos orgánicos como el estiércol bovino.

En esta Comarca existen alrededor de 500 000 cabezas de ganado bovino, las cuales producen más de un millón de toneladas por año de estiércol base seca; el uso más frecuente de este subproducto es la aplicación directa a los suelos agrícolas, sin ningún tratamiento previo, en dosis que van desde 40 hasta 300 ton ha⁻¹, sin considerar los impactos que pudieran ocasionar las aplicaciones excesivas de este abono como la salinidad y sodicidad del suelo o la lixiviación de nitratos al acuífero.

Día a día el interés por producir maíz forrajero con mayores rendimientos y de mejor calidad plantea la necesidad de buscar alternativas amigables con el ambiente, inocuos y que mejoren la calidad de los suelos donde se producen; una alternativa viable pueden ser los abonos orgánicos los cuales se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad.

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo, además de servir como fertilizantes y mejoradores del suelo. Abawi y Thurston (1994) mencionan la influencia de los mejoradores orgánicos sobre los patógenos del suelo y señalan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, la cual en suelos cultivados varía de 100 a 600 mg kg⁻¹ de biomasa (Anderson y Domsch, 1989). El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. Los estiércoles se les puede considerar como un abono universal, la cantidad de diferentes sustancias varía según el tipo de animal que produce las excretas, de su dieta y del manejo utilizado (estabulado o pastoreo).

Los estiércoles cumplen una función importante en el reciclaje de nutrientes orgánicos, se les puede considerar como un abono universal, aunque las características son muy variables, dependiendo del tipo de animal que los produce, de su dieta y del método de manejo utilizado (estabulado o pastoreo), un buen manejo aeróbico del estiércol resulta en un producto beneficioso para la fertilidad del suelo y seguro desde una perspectiva de seguridad alimentaria (Serrato *et al.*, 2002). La descomposición

aeróbica del estiércol y de otras materias orgánicas se ve favorecida por temperaturas superiores a 40°C, lo que también le permite eliminar patógenos y semillas de malezas. El producto final de este proceso es la obtención de una excelente enmienda orgánica y fertilizante con una buena población microbial benéfica (Herber *et al.*, 1991).

El estiércol vacuno ocupa el primer lugar en la Comarca lagunera ya que es una de las principales cuencas lecheras del país, seguido del de cabra, caballo y conejo (SAGARPA, 2009). Por lo general, en las explotaciones ganaderas el estiércol se colecta y se acumula en pilas, para posteriormente incorporarlo a los suelos agrícolas. Sin embargo, el proceso de adicionar estiércol al suelo debe ser considerando los tratamientos activos apropiados para ello, de lo contrario puede ocasionar importante foco de contaminación y un riesgo sanitario y de contaminación de fuentes de agua (Fortis *et al.*, 2009); y una grave contaminación de los alimentos por los microorganismos patógenos presentes en esta etapa de la producción (den Aantrekker *et al.*, 2002).

La norma oficial NOM-037-FITO-1995 (DOF, 1997) establece el tratamiento de estiércol previo a su aplicación a través del composteo, pasteurización, secado por vapor, o radiación ultravioleta para que no exceda la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helminto.

Un método que ha sido utilizado con éxito ha sido el calentamiento del suelo o estiércol a través de una cubierta plástica que tiene la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura, este método es conocido mundialmente como solarización (Katan *et al.*, 1976; Katan, 1980 y Katan, 1996). La solarización se ha utilizado con éxito para eliminar estados inmaduros y adultos de artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas (hongos, bacterias y nematodos), semillas y propágulos de maleza (Katan, 1981); esta técnica ofrece alternativas muy prometedoras para el control de enfermedades de plantas causadas por microorganismos del suelo sin la necesidad de recurrir al uso de productos químicos (Jiménez, 1995 y Zavaleta, 1999).

Juárez *et al.* (1991) han realizado estudios para determinar la sensibilidad de *Phytophthora cinnamoni*, *P. catorum* y *P. megasperma* a la solarización a diferentes profundidades encontrando que a 15 cm de profundidad es más efectivo el control después de cuatro semanas de solarización del suelo; así mismo, se ha encontrado efectos letales contra el nematodo *Meloidogyne incognita*. Gmliel y Stapleton (1993), solarizaron suelo e incorporaron pollinaza encontrando resultados favorable para el control del hongo *Phythium ultimum*. En el caso de *Fusarium spp.*, se han utilizado cubiertas plásticas y se han agregado al suelo enmiendas orgánicas lo que ha reducido la incidencia del hongo hasta un 91%, además, se han observado incrementos en el rendimiento de algunos cultivos (Ioannou, 2000).

Este método de desinfección ha sido probado con éxito en condiciones templadas (Misle y Norero, 2001) donde se han alcanzado temperaturas, después de 15 días de solarización, de 36 °C y un incremento de la temperatura del suelo de 10 °C a una profundidad que va de 7 a 15 cm; en regiones calurosas se ha utilizado para controlar la incidencia de plantas parásitas incrementado la temperatura del suelo 15 °C a los 5 cm de profundidad; con esto 95% de las semillas son quemadas y el 5% restante son inducidas a dormancia (Mauromicale *et al.*, 2005).

La solarización de pequeños montículos o pequeños volúmenes de sustrato viverístico apilado (*ex situ*) para el control de patógenos del suelo representa una nueva aplicación de la solarización (Stapleton *et al.*, 1999). No obstante, la eficacia de este uso especial de la solarización para el control de patógenos de suelo, particularmente nematodos fitoparásitos, necesita ser previamente evaluada debido a que la desinfestación que se alcanza durante el proceso puede ser incompleta en capas de suelo profundas o en las zonas más sombreadas del sustrato apilado (Castillo *et al.*, 2003). Además, algunos nematodos como *Meloidogyne* spp. se han citado como parcialmente termotolerantes y difíciles de controlar mediante solarización del suelo (Katan, 1981;1987). La matriz gelatinosa de las masas de huevos de *Meloidogyne*, que previene a los huevos de la desecación constituye además una protección frente a la inactivación térmica por elevadas temperaturas (Orion, 1995). En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar tres dosis de estiércol sometido a un proceso de solarización sobre la producción y calidad del maíz forrajero y el impacto sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2009, en el predio ejidal Fresno del Norte, S.P.R. de R.L. localizada en el Km. 23.7 de la autopista Torreón-San Pedro, Coahuila en el ejido Fresno del Norte, municipio de Francisco I Madero, Coahuila, situado geográficamente entre los 25° 43'15'' latitud Norte y 103° 15'07'' longitud Oeste y a una altura sobre el nivel de mar de 1,150 m. Según la clasificación de Köeppen modificado por García (1981), el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e invierno frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1°C, con rango de 38.5° C como media máxima y 16.1° C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm. La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y rara veces en octubre y abril, mientras que la presencia de granizada se da entre mayo y junio.

El diseño experimental constó de 20 unidades experimentales de 15 m² cada una, las cuales se analizaron bajo un diseño experimental de Bloques al azar con 4 repeticiones (Cuadro 2). Los factores de estudio fueron la aplicación de estiércol solarizado en dosis de 40, 60 y 80 t ha⁻¹, un tratamiento con fertilización química (N-P-K) y un testigo con cero aplicaciones. Los tratamientos fueron los siguientes: Tratamientos a evaluar fueron: T1= testigo, T2= 40 t ha⁻¹, T3= 60 t ha⁻¹, T4=80 t ha⁻¹, T5= Fertilización química (200-100-100).

La siembra se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano el día 3 de Abril del 2009 a una distancia de 0.20 m entre plantas y una distancia de 75 cm entre surcos. Para el tratamiento de fertilización química se utilizó la fórmula (200-100-00) de N-P₂O –K₂O kilogramos ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno al trasplante y la otra mitad del nitrógeno 45 días después del trasplante. La fuente de nitrógeno fue urea (46-00-00) y la de fósforo fue fosfato monoamónico MAP (18-46-00). El estiércol solarizado se obtuvo del establo de pilas de solarización del Campo Experimental de la FAZ-UJED, se aplicó un mes antes del trasplante.

Cuadro 2. Tratamientos de estiércol bovino solarizado a evaluar en la producción de maíz.

Bloque I	Bloque II
B1 = 0	B4 = 80 Mg ha ⁻¹
B3 = 60 Mg ha ⁻¹	B3 = 60 Mg ha ⁻¹
B5 = N-P-K (200-100-100)	B1 = 0
B2 = 40 Mg ha ⁻¹	B2 = 40 Mg ha ⁻¹
B4 = 80 Mg ha ⁻¹	B5 = N-P-K (200-100-100)
Bloque III	Bloque IV
B3= 60 Mg ha ⁻¹	B5 = N-P-K (200-100-100)
B5= N-P-K (200-100-100)	B4 = 80 Mg ha ⁻¹
B2= 40 Mg ha ⁻¹	B3 = 60 Mg ha ⁻¹
B4 = 80 Mg ha ⁻¹	B1 = 0
B1 = 0	B2 = 40 Mg ha ⁻¹

Modelo estadístico

El diseño experimental fue Bloques al Azar con cuatro repeticiones; el análisis de los datos se realizó en el programa computacional SAS Ver. 9.11 (1998); se hicieron análisis de varianza con el procedimiento GLM y la comparación múltiple de medias con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (P < 0.05).

Modelo estadístico: Bloques al azar

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + C_{ij}$$

μ media general

τ_i efecto del i-ésimo tratamiento

β_j efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} error experimental en la unidad j del tratamiento i

$\epsilon_{ij} \gg \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Manejo del experimento

El estiércol solarizado se aplicó un mes antes de la siembra, incorporándose mediante un paso de rastra. Se utilizó la variedad regional San Lorenzo cuyas características son: gran adaptabilidad a diversos ambientes con alta producción de grano, ideal para ensilaje por su alta calidad de forraje, grano blanco de ciclo intermedio, con una altura de planta de 1.78 a 1.95 m y resistente al acame. Se aplicaron cuatro riegos; uno de pre-siembra y tres de auxilio reportándose una lámina de 70 cm a través del sistema de riego por multicompuertas el cual reporta una eficiencia de más del 60% ya que se reducen las pérdidas por conducción.

La aplicación del fertilizante fue de acuerdo al enfoque del balance nutrimental siguiendo la recomendación del INIFAP (2006) de 200-100-00 de N, P y K, respectivamente. Se fraccionó en cinco fases fenológicas importantes (emergencia, inicio de encañe, inicio de crecimiento, emergencia de estigma y grano acuoso), para mejorar el aprovechamiento del fertilizante.

Las variables evaluadas fueron para planta: altura de planta, rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca, número de mazorcas, peso de la mazorca, diámetro ecuatorial de la mazorca, diámetro polar de la mazorca, número de hojas y distancia entre plantas. Las variables en suelo fueron: materia orgánica, humedad, temperatura, compactación, pH, conductividad eléctrica, nitratos y amonio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (ALP)

De manera general el crecimiento vegetativo del cultivo fue afectado por la incorporación de los distintos niveles de estiércol solarizado aplicados; la mayor respuesta se manifestó en las parcelas con el tratamiento de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol seguida de la de 40 Mg ha⁻¹. Aparentemente, estos tratamientos suplieron los requerimientos nutritivos del cultivo, reflejándose fundamentalmente en la altura de planta (Figura 1). Resultados similares fueron encontrados por López *et al.*, (2002) quienes

encontraron respuesta de la aplicación de abono bovino en altura de planta en el cultivo de algodón; Matheus (2004) aplicando compost de residuos de la industria azucarera en la producción de maíz y Zamora *et al.*, (2007) encontraron mayor altura de planta en papa con la aplicación de abonos orgánicos (fertipollo y estiércol de chivo). Un aspecto resaltante es que en la mayoría de los casos donde se aplican abonos orgánicos, el desarrollo vegetativo fue superior al señalado en la fertilización química, lo que evidencia las bondades del uso de este tipo de abonado para la fertilización de los cultivos.

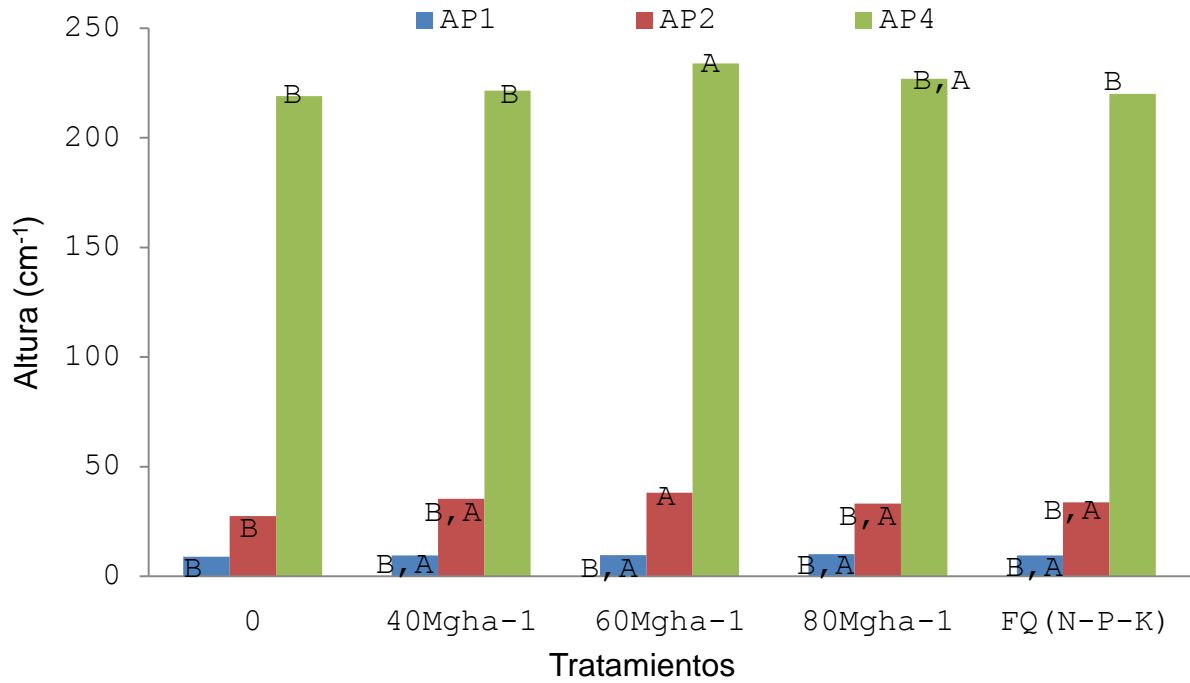


Figura 1. Efecto de la aplicación de estiércol solarizado sobre la altura de planta en el cultivo de maíz Variedad San Lorenzo.

Temperatura del suelo (TS)

Para el caso de TS, existe diferencia significativa para esta variable entre tratamientos evaluados a los 80 DDS, ello implica que la cantidad de estiércol aplicada tiene efecto diferente sobre la temperatura del suelo en la profundidad de 0 – 7.5 cm⁻¹. En la Figura 2, se muestra que el tratamiento de 80 Mg ha⁻¹ presenta la mayor temperatura.

Thomas (1986) señala que la temperatura del suelo es más estable debido a los mayores contenidos de humedad ocasionados por una mayor cobertura del abono orgánico originando un mayor calentamiento.

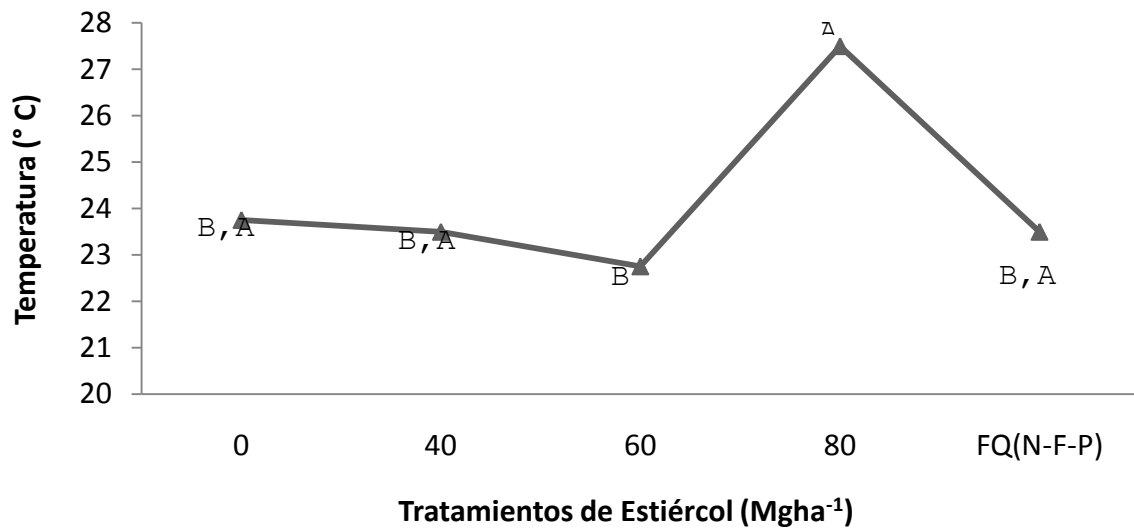


Figura 2. Temperatura del suelo a la profundidad de 0 – 7.5 cm (55 DDS) en el cultivo de maíz Variedad San Lorenzo.

Rodríguez (1982), señala que la mayor temperatura se debe a procesos exotérmicos de descomposición de la materia orgánica ya que durante la mineralización los microorganismos generan calor, tanto que descomponen la materia orgánica, produciéndose durante el proceso temperaturas entre 32 y 60 °C lo cual calienta el suelo. Zagal *et al.*, (2002), señala que los distintos grupos de microorganismos del suelo tienen un rango de temperaturas regulando las transformaciones que realizan (temperatura mínima, óptima y máxima). La tasa de metabolismo de los microorganismos aumenta en un factor 3 por cada 10 °C de aumento de temperatura, hasta alcanzar su óptimo.

Salazar *et al.*, (2003) señala que las temperaturas entre 27 y 36.5 °C son las temperaturas óptimas para la biodegradación de la materia orgánica; Salazar *et al.*, (2004) en un estudio realizado con estiércol bovino para la producción de tomate encontraron que las mejores condiciones de temperatura para la actividad de los microorganismos se presentaron entre los 0 – 7.5 cm, variando está entre los 26.5 y los 32 °C.

Humedad del suelo (HUM)

Respecto a esta variable Salazar *et al.*, (2004), señalan que la relación de la humedad y temperatura, además de otras variables físico - químicas del suelo, condicionan la actividad de la flora y fauna microbiana afectando en forma positiva o negativa a la nitrificación. El N del suelo, obtenido mediante la nitrificación, está casi todo a disposición de las plantas. Rubio (1974) encontró que la adición de abono orgánico (estiércol o composta) incrementa la humedad disponible de los suelos que se

humificaron en 10 a 20%. Castellanos (1986, 1996) observó que el contenido de humedad aumenta debido a prácticas de aplicación de abonos orgánicos, ya que disminuye la densidad aparente; se incrementa la porosidad y se modifica la estructura al mejorar la formación de agregados, todo ello influye en un aumento en la retención de humedad.

En la Figura 3, se aprecian que los tratamientos con estiércol reportan mayores contenidos de humedad respecto a la fertilización química; por lo que el estiércol tiene la capacidad de incrementar la capacidad de retención de humedad y nutrientes del suelo; por lo que a mayor contenido de humedad mayor contenido de abono orgánico biodegradado. López *et al.*, (2002) encontró que la aplicación de 40 Mg ha⁻¹ de composta fue el que mejor retuvo y conservo la humedad a través del tiempo; resultados similares fueron reportados por Salazar *et al.*, (2004), Castellanos (1996) y Albiach *et al.*, (2001). Por otra parte, Nieto *et al.*, (2002) mencionan que la incorporación de 50 Mg ha⁻¹, incremento la capacidad de campo y humedad aprovechable en el suelo siendo estas las una de las ventajas de la aplicación de las compostas.

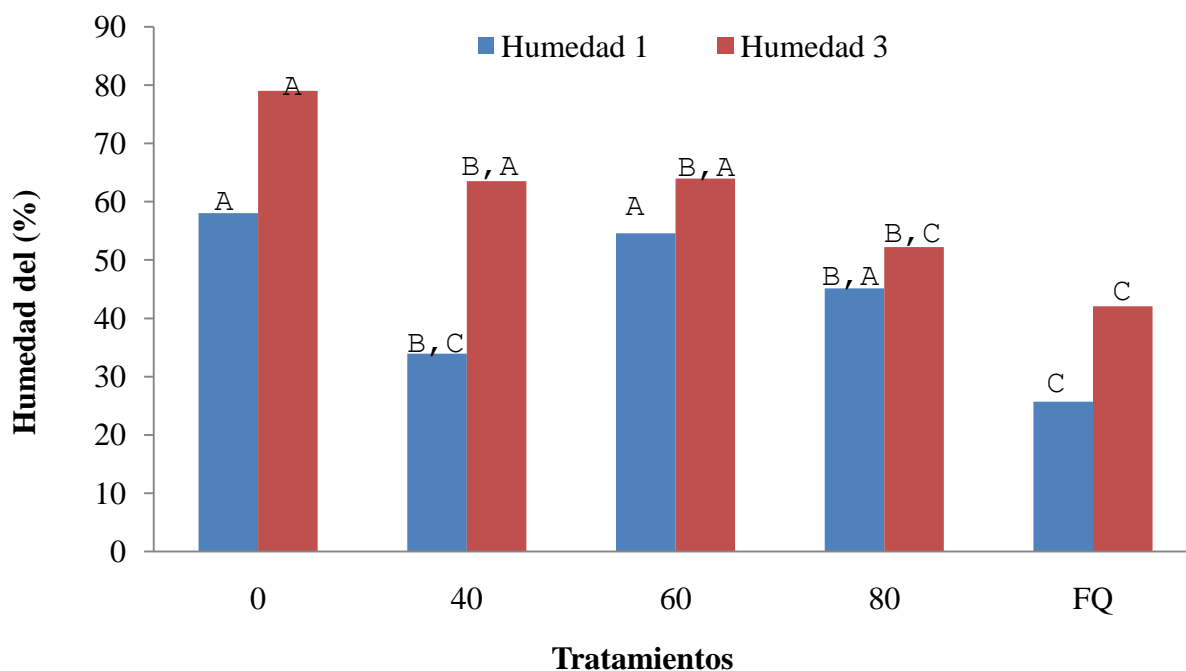


Figura 3. Humedad del suelo por tratamiento en dos fechas de muestreo (35 y 90 DDS) en el cultivo de maíz forrajero Variedad San Lorenzo.

Materia orgánica (MO)

En la Figura 4, se observa el comportamiento de la MO en los tratamientos evaluados de estiércol solarizado. En los tratamientos de estiércol se observa el incremento de la MO en los tratamientos de 40 y 60 Mg ha⁻¹. Resultados similares fueron reportados por Castellanos (1986), quien señala que la

adición de abonos orgánicos al suelo afecta positivamente el contenido de MO y otros elementos. Fitzpatrick (1996) señala que la mayoría de los suelos contienen 1.6% de MO pero en suelos muy áridos, el porcentaje puede bajar a menos de 1%. Julca *et al.* (2006) señalan que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, también reportan concentraciones de MO en el estiércol de alrededor de 5%.

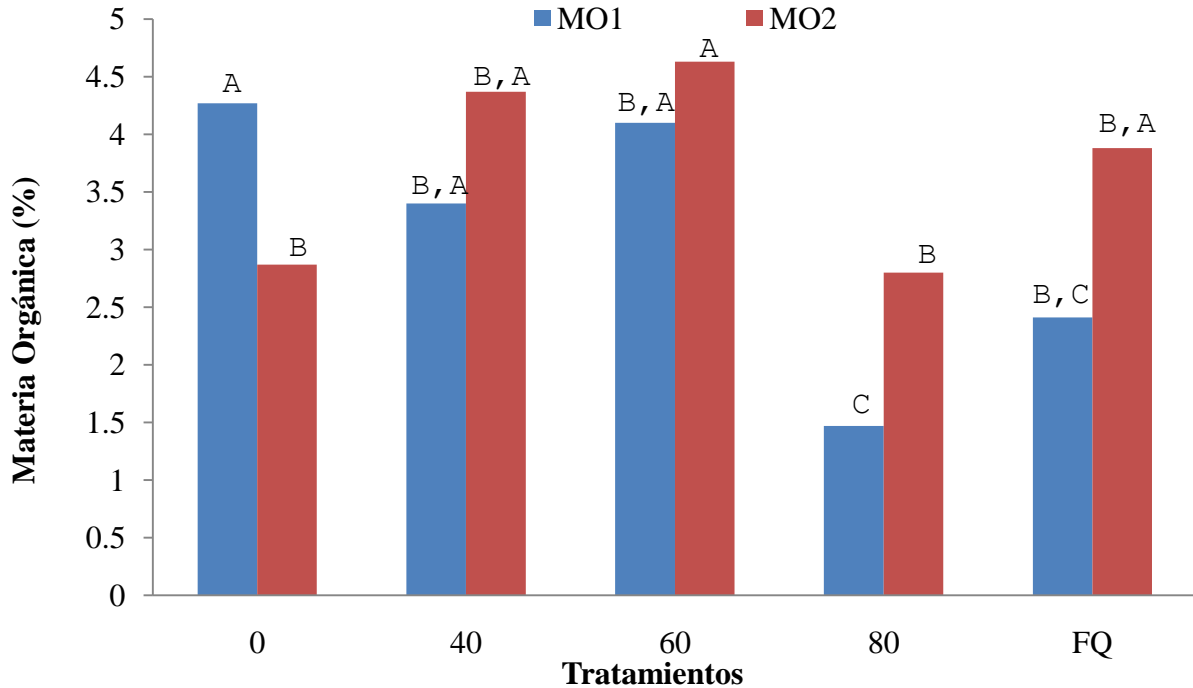


Figura 4. Materia orgánica en dos fechas de muestreo (45 y 95 DDS) por tratamiento en el cultivo de maíz forrajero Variedad San Lorenzo.

Así mismo, Salazar *et al.* (2007) encontraron 2.21% de MO al final de un experimento después de haber incorporando 40 Mg ha⁻¹ de estiércol de bovino, señalan que es debido principalmente a que el estiércol contiene un porcentaje más alto de materia orgánica (5.35%) que biocompost (4.48 %). Wu and Powell (2007), mencionan que el 50% del estiércol es biodegradado en el primer año, lo cual garantiza el contenido de MO en el suelo en predios donde se ha aplicado estiércol por años consecutivos.

Potencial Hidrogeno (pH)

Para la variable pH en el estrato de 0-30 cm de profundidad el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas (P<0.05) entre tratamientos. En general, el valor del pH es alcalino y en la Figura 6 se observa que los valores más altos (8.7) fueron los que se encontraron en los tratamientos de 60 y 80 Mg

ha⁻¹; el tratamiento de fertilización química (FQ) mostro un valor de 8.3. Unger *et al.* (1991) encontraron tendencias similares a este trabajo, mencionan que a mayor cantidad de MO se favorece la retención de humedad del suelo y por lo tanto se incrementa la concentración del H⁺. Whalen *et al.*, (2000) reportaron resultados similares, ya que la amonificación del estiércol contribuyó a una elevación del valor del pH.

Estos resultados contrastan con los encontrados por López *et al.*, (2001) quienes al evaluar el efecto de los abonos orgánicos (estiércol bovino, caprino y composta) sobre las propiedades químicas del suelo encontraron que estos tienen efecto sobre el aumento de la MO, N y P y no en pH. Sin embargo, Salazar *et al.* (2007) reportan en aplicaciones de 40 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino un valor de pH de 8.2 (Figura 5).

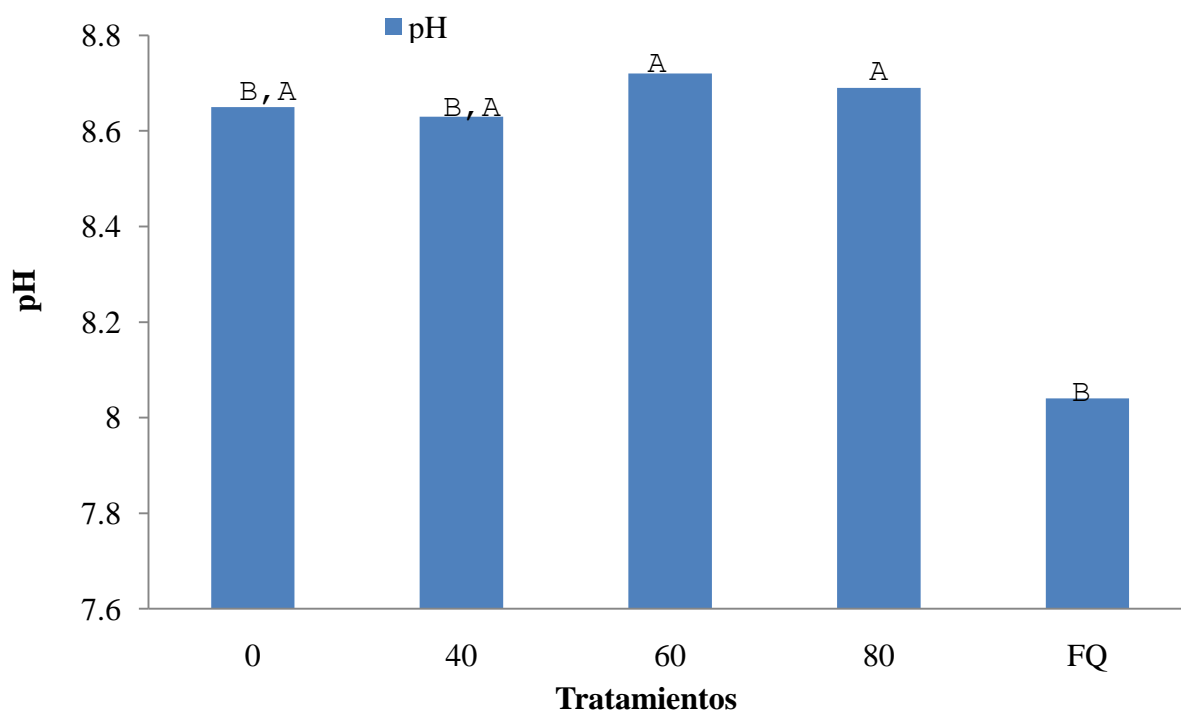


Figura 5. Potencial Hidrogeno (pH) del suelo por tratamiento evaluado en maíz forrajero.

Amonio (NH₄⁺)

En la Figura 6, se observa que la mayor concentración de amonio se encontró en los primeros estratos del suelo y en el tratamiento químico con un valor de 22.45 mg kg⁻¹. La concentración de amonio en el estrato de 0 - 30 cm de profundidad para el primer muestreo (45 DDS) en los tratamientos orgánicos fue: 11.12, 9.43 y 8.53 mg kg⁻¹ para los tratamientos de 40, 60 y 80 Mg ha⁻¹, de estiércol solarizado. Para el segundo muestreo de nueva cuenta el fertilizante químico mostro el mayor valor siendo este de 16.74 mg kg⁻¹; siendo el tratamiento de 60 Mg kg⁻¹ de estiércol el que presento el mayor valor con

11.11 mg kg⁻¹; ambos valores se consideran medios de acuerdo a la STI (Soil Test Interpretations). Salazar *et al.*, (2002) encontraron valores similares (14.52 mg kg⁻¹) con aplicaciones de estiércol bovino; señalan que de manera general estos resultados son normales para los suelos de la Comarca Lagunera donde se aplica el estiércol bovino.

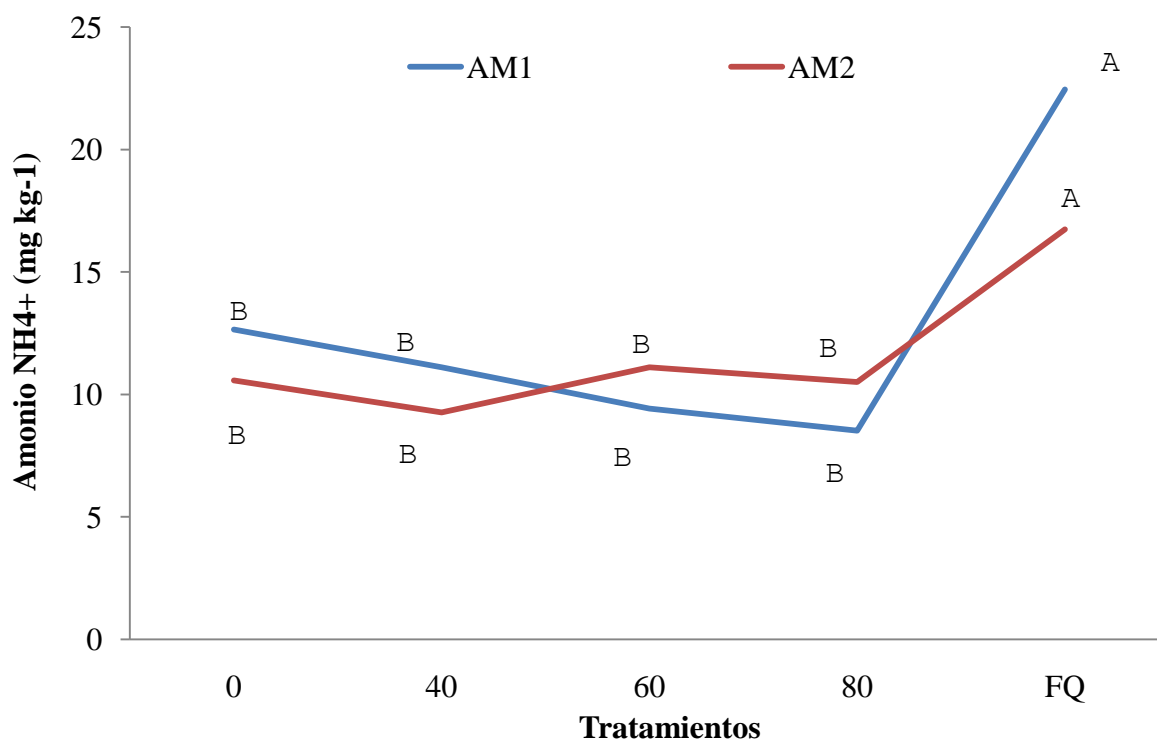


Figura 6. Contenido de amonio en dos fechas de muestreo (50 y 95 DDS)

Nitratos (NO₃⁻)

En la Figura 7, se pueden observar los valores encontrados para cada tratamiento evaluado. En el primer muestreo realizado destacan el tratamiento testigo con 9.95 mg kg⁻¹ y el tratamiento de 60 Mg ha⁻¹ con 5.82 mg kg⁻¹; para los demás tratamientos no hubo diferencia significativa. En el segundo muestreo realizado, a los 95 DDS, los valores más altos fueron encontrados en el tratamiento testigo con 24.61 mg kg⁻¹ y en el de 40 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado con 17.23; en el tratamiento de 80 Mg ha⁻¹ se encontró el valor más bajo de nitratos (6.88 mg kg⁻¹) posiblemente debido a errores en el muestreo y en los análisis de suelos.

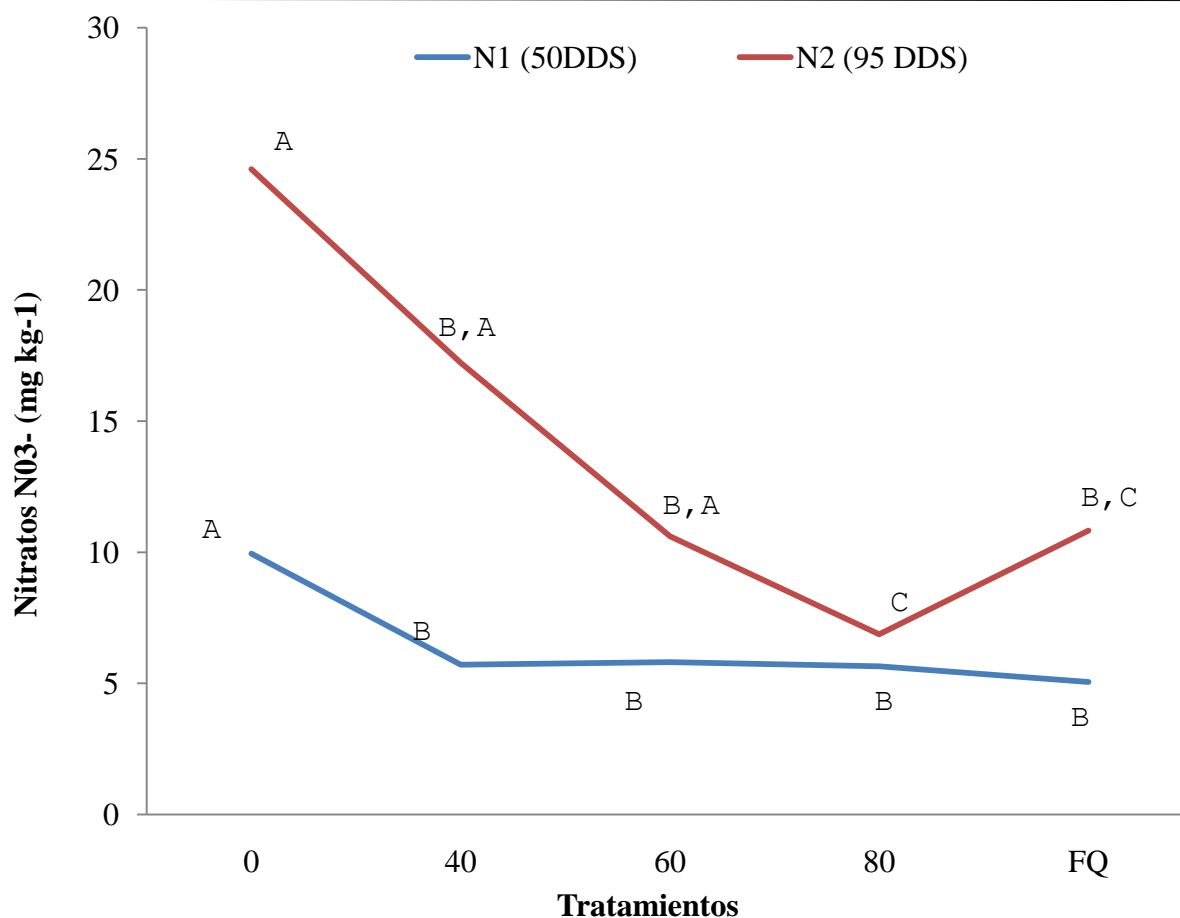


Figura 7. Contenido de nitratos en dos fechas de muestreo (50 y 95 DDS)

La disponibilidad de NO_3^- , tampoco presentó grandes variaciones entre tratamiento en relación a las diferentes dosis de estiércol aplicadas. Sorprendentemente, al final del ciclo del cultivo el tratamiento que presentaba mayor contenido de NO_3^- en el suelo fue el testigo que no había recibido N adicional. El suelo previo a la plantación tenía alta cantidad de nitratos probablemente debido a la mayor mineralización durante el verano (como lo indican la abundancia de nitrificadores) y a falta de consumo por la vegetación (los suelos estaban en barbecho). Estos factores también justifican la gran disminución en el contenido de nitratos durante el ciclo del cultivo por consumo por el cultivo y por las condiciones climáticas que disminuyen la actividad nitrificadora en el suelo.

Al respecto, Cueto *et al.*, (2006) mencionan que el cultivo de maíz demanda una mayor cantidad de N a los 60 DDS, ya que el crecimiento vegetativo es alto por lo que se refleja en la disminución de nitratos. Li *et al.* (2003) y Quezada *et al.* (2007) indicaron que la disminución de nitratos en el suelo se debe al consumo de la planta y de la biota del suelo y, muy probablemente, a la eficiencia del sistema de riego,

que mejora el transporte de nitratos por los microporos ya que es ahí donde las condiciones de temperatura, aeración y humedad favorecen la actividad enzimática.

Salazar *et al.* (2003 y 2007) señalan que estas concentraciones de nitratos indican una alta actividad microbiológica principalmente en los estratos superiores del suelo, Salazar *et al.*, (2004) señalan que valores por arriba de 46 mg kg^{-1} de N-NO_3^- se consideran altos; por lo que el uso de materiales orgánicos implica un riesgo importante en la lixiviación de NO_3^- (Anken *et al.*, 2004).

Rendimiento en verde (RV) y Materia Seca (MS)

El análisis de varianza muestra que la variable rendimiento de forraje verde (RFV) es altamente significativa al 0.23% ($\text{Pr} > F = 0.0002$), indicando que al menos uno de los cinco tratamientos experimentales produjo un mayor rendimiento. El coeficiente de variación fue del 4.74% y una media de 50 Mg ha^{-1} . Al aplicar la prueba de comparación de medias (DMS), el tratamiento de 80 Mg ha^{-1} de estiércol solarizado con un rendimiento medio de 55.50 Mg ha^{-1} ; el tratamiento de 60 Mg ha^{-1} genero un rendimiento de 54 Mg ha^{-1} , siendo estadísticamente igual al de 80 Mg ha^{-1} . La fertilización química (200-100-100 N-P-K) obtuvo un rendimiento de 49 Mg ha^{-1} y el testigo con 46 Mg ha^{-1} (Figura 6).

La aplicación de estiércol solarizado supero los rendimientos medios de 50 Mg ha^{-1} reportados para la región por el INIFAP (2006). López *et al.* (2001) obtuvieron rendimientos de 62.5 Mg ha^{-1} con híbridos de maíz abonados con 3 Mg ha^{-1} de biocompost. Por otra parte, Castellanos *et al.* (1996) reportan 55 Mg ha^{-1} con 1.7 Mg ha^{-1} de biocompost. Salazar *et al.* (2003) obtuvieron 56.7 Mg ha^{-1} con 40 Mg ha^{-1} de estiércol bovino; por lo que el estiércol solarizado es una opción para producir maíz forrajero sin utilizar fertilizantes inorgánicos.

En relación a la materia seca el análisis de varianza muestra una diferencia significativa para esta variable, el tratamiento testigo fue el mejor con 14.7%; la aplicación de 60, 80 Mg ha^{-1} y la fertilización química fueron estadísticamente iguales con valores de 12.7, 11 y 11.7% de MS, respectivamente (Figura 6). Reta *et al.* (2004) obtuvieron rendimientos significativamente mayores con estiércol o vermicompost al igual que Salazar *et al.* (2007) quien obtuvo 19.62 Mg ha^{-1} con 40 Mg ha^{-1} de estiércol bovino.

El incremento en la producción de los tratamientos orgánicos se explica porque el estiércol no sólo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico. En el estiércol habría una actividad enzimática constante en todo el ciclo, biodegradándolo y liberando.

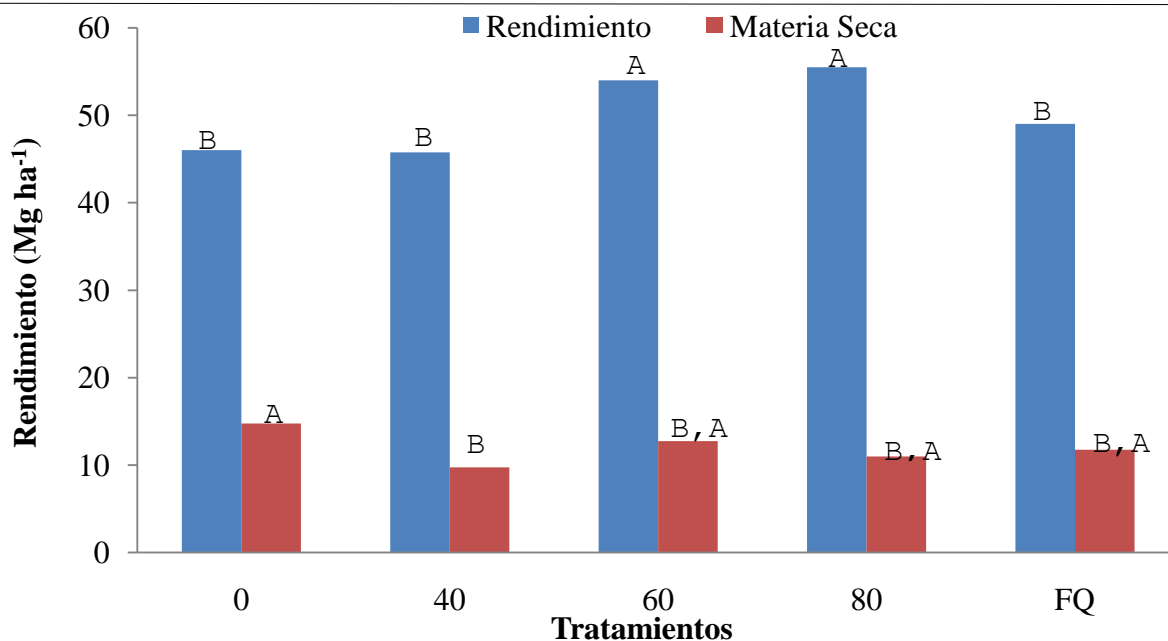


Figura 6. Rendimiento de maíz forrajero y porciento de materia seca

CONCLUSIONES

Los resultados de producción indican que el mejor tratamiento fue de 80 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado con un rendimiento de forraje verde de 55.50 Mg ha⁻¹. La aplicación de estiércol solarizado incrementa la presencia de nitratos lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola. El impacto del estiércol en las variables evaluadas en suelo (materia orgánica, pH, nitratos y amonio) no alteraron sus valores ya que estos se encuentran dentro de los rangos permisibles para el buen desarrollo del cultivo de maíz. Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de estiércol solarizado es una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de inocuidad, productividad y sin contaminar el medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Abawi O. S. y H. O. Thurston. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. Una revisión. *In: Tapados. Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE- CIIFAD. Ithaca, NY, USA. pp: 97 -108.*
- Anderson, T.H. and K.H. Domsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21:417- 479.
- Anken, T., P. Atamp, , W. Richner, and U. Walther. 2004. Plant development, nitrogen dynamics and nitrate leaching from ploughed and direct-sown plots. *Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik N0.63, 101 pp.*
- Albiach, R, Canet., F. Pomares., R. Infelmo, 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilizer with different rates of two sewage sludges during ten years . *Biores. Technol.* 77:109-114.
- Castellanos, J. Z. 1986. Evaluación del estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. *Agricultura Técnica México* 12: 247-258.
- Castellanos R., J.Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. *Terra* 14: 151-158.
- Castillo, P., Nico, A. I. y Jimenez, R. M. 2003. Control de nematodos en viveros de olivo en la agricultura sostenible. *Fruticultura profesional. No. 136. Especial producción integrada III. España.*
- Cueto-Wong, J.A., D. G. Reta-Sánchez, J.L. Barrientos-Ríos, G. González-Cervantes y E. Salazar-Sosa. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Fitotecnia Mexicana* 20: 97-101.
- Den Aantrekker, E.D., Boom, R.M., Zwietering, M.H., van Schothorst, M., 2002. Quantifying recontamination through factory environments – a review. *Int. J. Food Microbiol.* 80, 117–130.
- Fortis H.M., J.A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V., y M.A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. *In: Libro de Agricultura Orgánica. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (ed). Ed. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. México.*
- Fitzpatrick, E. A. 1996. Introducción a la ciencia de los suelos. Editorial Trillas. México, D. F.
- Gamliel, A. and Stapleton, J. J. 1993. Effect of soil amendment with chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganism and lactuce growth. *Plant Disease* 77:886-891.
- Herber, M., Karam, A. and Parentit. L.E. 1991. Mineralization of nitrogen and carbon in soils amended with composted manure. *Biological and Horticulture* 18:161-174.
- Ioannou, I. 2000. Soil solarization as a substitute for methyl bromide fumigation in greenhouse tomato production in Cyprus. *Rev. Phytoparasitica* 28:1-9.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coahuila. México.
- Jiménez, D. F. 1995. Solarización: una alternativa para el manejo de fitopatógenos que sobreviven en el suelo. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 13:76-87.

- Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Blas-Sevillano y S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA* 24(1): 49-61.
- Juárez, P. C.; Gastelum, R. F.; Paplomatas, R. J. and De Vay, J. E. 1991. Thermal sensitivity of three species of *Phytophthora* and the effect of soil solarization on their survival. *Plant Dis.* 75:1160-1164.
- Katan, J. A. Greenberg, H. Alon and A. Grinstein. 1976. Solar heating by propylene mulching for the control of diseases caused by soil borne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.
- Katan, J. A. 1980. Solar pasteurization of soil for disease control: status and prospect. *Plant Dis.* 64:450-454.
- Katan, J. A. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pest. *Ann. Rev. Phytopathology* 19:211-236.
- Katan, J. A. 1987. Soil solarization. In: CHET, I. ed. *Innovative approaches to plant disease control*. New York, USA: John Wiley & Sons:77-105.
- Katan, J. A. 1996. Soil solarization: Integrated control aspects. In: *Principles and practice of managing soilborne plant pathogens*. R. Hall. Ed. APS Press.
- López M. J. D., A. Díaz E. E. Martínez R. y R.D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra* 19:293-299.
- Li, J., J. Zhang and L. Ren. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. *Irrigation Sci.* 22: 19-30.
- Mauromicale, G., lo Monaco, a., M. G. Longo, A., and Alessia Restuccia. 2005. Soil solarization, a nonchemical method to control branchemical (*Orobanche ramosa*) and improve the yield of greenhouse tomato. *Rev. Weed Science* 53:877-883.
- Matheus, L. J. E. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (Biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Bioagro* 16: 219-224.
- Misle, E., y Norero, A. 2001. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas I.Efecto de diferentes tipos de laminas. *Agricultura Técnica de Chile* 61 (4):13.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E. Larrinaga M. J.A., García H. J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile en zonas áridas. *Rev. Interciencia* 27: 417-421.
- Orion, D. 1995. Structure and function of the root-knot (*Meloidogyne* spp.) gelatinous matrix. *Nematologica* 41:395-397.
- Quezada, C., I. Vidal, L. Lemus y H. Sánchez. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) bajo dos programas de fertirrigación. *Soil Sc. Plant Nutr.* 7(3): 1-15.
- Reta, S.D.G., J.A. Cueto-W. y U. Figueroa-V. 2004. Efecto de la aplicación de estiércol y composta en maíz forrajero en dos sistemas de siembra. Informe de Investigación. INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Torreón, Coahuila. México.
- Rodríguez, S., F. 1982. Fertilizantes y nutrición vegetal. AGT. Editor. México, D.F.
- Rubio M., D. 1974. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N.L desde el punto de vista de su utilización agrícola. *Seminarios Técnicos* 1(1): 13. Centro de Investigación Agrícola del Noreste-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreón, Coahuila, México.
- SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. SAGARPA. Región Lagunera. Lerdo de Tejada, Dgo, México.

- Salazar-Sosa, E., A. Beltrán-M., M. Fortis-H., J. A. Leos-R., J.A Cueto-W., C. Vázquez-V. y J.J. Peña-C. 2003. Mineralización de nitrógeno y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *Terra* 21:569-575.
- Salazar-Sosa, E., J. A. Leos R. M. Fortis H. and C. Vázquez V. 2002. Nitrogen recovery and uptake by wheat and sorghum in stubble mulch and no tillage systems. *Agrociencia* 36: 433-440.
- Salazar-Sosa, E., C. Vázquez- Vázquez, J.A. Leos-Rodríguez, M. Fortis-Hernández, J.A. Montemayor-Trejo, R. Figueroa-Viramontes y J.D. López-Martínez. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Rev. Phytion* 73:259-273.
- Salazar - Sosa., E. Trejo - Escareño., C. Vázquez - Vázquez y J. López - Martínez. 2007. Producción de maíz bajo Riego por cintilla con aplicaciones de estiércol Bovino. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. Pp.170-185.
- Serrato, S.R., A. Ortiz A., J. Dimas L. y S. Berúmen P. 2002. Aplicación de lavado de estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra* 20:329-336.
- Stapleton, J. J.; Ferguson, L., Mckenry, M. V., Dougherty, D. S. Stapleton, S. C. 1999. Using solarization to disinfest soil for olive nursery production. In: Metzidakis IT, Voyiatzis DG, eds. *Proceedings of III Congress of the International Society of Horticultural Sciences, International Symposium on Olive Growing*. Leuven, Belgium: International Society of Horticultural Sciences:589-591.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 1998. SAS for Windows. Release 6-12, version 4.0.1111. SAS Compus Drive. North. Carolina. U.S.A.
- Unger, P.W., B.A Stewart, J.F. Parr, and R.P. Singh. 1991. Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. *Soil Tillage Res.* 20:219-240.
- Whalen, J. K, C. Chang, G. W. Clayton, and J. P. Carefoot, 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Sd. Soc. Amer. J.* 64:962-966.
- Wu, P. y J.M. Powell. 2007. Dairy manure type, application rate and frequency impact plant and soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1306-1313.
- Zagal, E., Rodríguez, N, Vidal, L, Quezada, L. 2002. Microbial activity in a volcanic ash soil under different agricultural management. *Agricultura Técnica* 62: 297-309
- Zavaleta, M. E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Rev. Terra* 17:201-207.
- Zamora-Salgado, S., L. F. H. Fenech-Larios, W. Ruíz-Espinoza, W. Pérez-Duarte y A. López-Gómez. 2007. Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea mays* L.) con riego por goteo, en el valle de la Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Técnicas Agropecuarias* 16:33-36.

Capítulo XI

POLUCIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS CON ENTEROPARASITOS RESISTENTES A LA CLORACION.

Groundwater Pollution with Chlorine-Resistant Enteroparasites

Evangelina Olivas¹, Eduardo González¹, Gerardo Rodríguez¹, Enrique Salazar-Sosa² y Armando Noé Moreno Hernández²

¹Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Circuito Envolvente S/N. Area PRONAF. Cd. Juárez, Chih. C.P. 32310. Telef. (656) 688 1800. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez. Venecia, Durango. ¹correo-E evolivas@uacj.mx

RESUMEN

Los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos pueden sufrir contaminación fecal, proporcionando un ambiente adecuado para diversos enteropatógenos humanos, con alta capacidad para sobrevivir en el ambiente, incluso después de la potabilización con cloro. El objetivo de este estudio fue demostrar contaminación fecal en muestras de agua de pozos municipales antes y después del tratamiento con cloro, utilizando como indicadores los enteroparásitos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* y por otro lado colifagos. Para la identificación y conteo de (oo)quistes de los dos parásitos se utilizaron técnicas de concentración por ultrafiltración seguida de separación inmunomagnética y tinción con anticuerpos marcados con fluoresceína. La detección de colifagos se realizó en muestras de agua mediante la técnica de capa simple para la detección de placas líticas de fagos en cultivos de *Escherichia coli*. En la primera etapa del estudio muestras de de agua de 20 pozos antes del tratamiento con cloro, mostraron la presencia de *Cryptosporidium* en el 45% de los pozos. En la segunda etapa se estudiaron muestras después del tratamiento con cloro, eligiendo los mismos pozos que resultaron positivos a *Cryptosporidium parvum* antes de clorarse, en los cuales además de detectar de nuevo a a *Cryptosporidium* también se determinó al parásito *Giardia*, resultando contaminados el

77 % de los pozos, así como la presencia de colifagos en cantidades incontables por 100 ml de muestra sin diluir. Se concluye que el agua del subsuelo recién extraída de los pozos ya presentaba contaminación fecal y que posteriormente, a pesar del tratamiento, a pesar de ser considerada segura para beber, mostró la sobrevivencia de *Cryptosporidium*, *Giardia* y colifagos, con el subsiguiente riesgo para la salud, ya que los tres indicadores encontrados significan posible presencia de mas enteropatógenos. Se requieren futuros estudios para determinar las fuentes de contaminación.

Palabras clave. *Cryptosporidium*, *Giardia*, colifagos, agua de pozo contaminada, agua subterránea.

SUMMARY

The bodies of both surface and underground water can be contaminated feces, providing a suitable environment for various human enteric pathogens, with high ability to survive in the environment, even after purification with chlorine. The aim of this study was to demonstrate fecal contamination in water samples from municipal wells before and after treatment with chlorine, used as indicators of enteric *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia parvum* and secondly coliphages. Techniques used were immuno-magnetic separation and immunofluorescence staining for identification and quantification of the parasites by epifluorescence microscopy. In the first stage of study 10 liters water samples were got from 20 wells prior to chlorination, in order to detect the presence of *Cryptosporidium*, resulting in 45% positive wells. In the second stage water samples after chlorination were studied, choosing the same wells that were positive for *Cryptosporidium* by chlorine, which in addition to detecting *Cryptosporidium* also found the parasite *Giardia*, resulting in a positive 77% positive wells, and also the presence of coliphages was in countless amounts per 100 ml of sample without dilution. We conclude that freshly pumped groundwater from municipal wells already presented fecal contamination and subsequently, despite chlorination, drinking water considered safe for consumption, showed the survival of *Cryptosporidium*, *Giardia* and coliphages, with subsequent health risk, since all three indicators identified mean more possible presence of enteric pathogens. Future studies are needed to determine the sources of contamination.

Index words. *Cryptosporidium*, *Giardia*, coliphage, groundwater pollution, well water.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han incrementado las enfermedades gastrointestinales diseminadas por el agua, principalmente en áreas con infraestructura sanitaria deficiente y países en desarrollo, con datos mundiales de 4% de muertes en niños (WHO, 2004; WHO, 2001). En 1993, el parásito *Cryptosporidium* fue responsable de la una gran epidemia en Wisconsin, afectando a más de 400,000 personas, con cerca de 100 muertes, por ingestión de agua del sistema municipal (Mac Kenzie, et al. 1994). En el 2000, varias epidemias de cryptosporidiosis asociadas con el agua de albercas fueron reportadas por el Centro para el Control de enfermedades y Prevención, de los Estados Unidos (CDC, 2000. Entre 1971 y 2000, el 60% de 700 epidemias reportadas, con más de 90,000 enfermos, se ligaron a sistemas públicos de agua de pozo (Lee et al., 2002). Constantes epidemias se reportan asociadas con inundaciones, como la del Tsunami en Asia en 2004 y otras (WHO, 2005; Sitko, 2004). La polución fecal disemina una gran variedad de patógenos intestinales de humanos y animales (zoonóticos) del tipo de virus, bacterias y protozoarios, como virus de la hepatitis A, *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* (*E. coli*) O157:H, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*. (WHO, 2004), todos nativos del tracto digestivo humano y de animales y expulsados en las heces, que contaminan las fuentes de agua superficiales y subterráneas (Thurston-Enríquez, 2002).

Los virus entéricos, así como muchos virus de *E. coli* (colifagos) son bastante resistentes al tratamiento del agua con cloro, por lo que es usada la detección de colifagos como indicadores de virus entéricos, comparando su sobrevivencia en el agua con la de los virus patógenos entéricos (Allwood, 2005).

En los últimos tiempos las operaciones de cría de ganado han emergido como la principal fuente potencial de contaminación del agua, ya que los patógenos presentes en el estiércol, al contaminar el ambiente pueden impactar negativamente las aguas superficiales y las subterráneas, e igualmente las heces de pájaros (Graczyk, 2008; EPA, 2004). El reuso de aguas negras o tratadas ya sea parcial o totalmente, es de gran valor en las zonas áridas de todo el mundo, incluyendo México, sin embargo, el éxito es limitado en lo que concierne a salud pública, debido al riesgo causado por microorganismos patógenos, sin embargo, en la mayoría de los casos es una práctica con frecuencia mal planeada por los agricultores de países en desarrollo, que carecen de recursos para establecer el tratamiento adecuado, en base a su alto costo (Al-Sa`ed, 2007). El riego con aguas residuales generalmente es considerado una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales con patógenos humanos, influyendo grandemente el agua de lluvia en su diseminación, ya que al persistir los organismos en el

ambiente son movilizados por eventos de precipitación, que en la tierra forman corrientes, los arrastra y disemina (Xiao, et al., 2001).

La mayoría de los patógenos mueren rápidamente en horas o días fuera de sus huéspedes y solo algunos sobreviven más de una semana, influyendo las condiciones ambientales, las propiedades químicas y físicas del agua y del suelo en el sistema, así como la clase y el estado fisiológico de los organismos. El parásito *C. parvum* permanece viable por más de seis meses en el ambiente natural (Harter, 2007). Diversos factores permiten la retención de los patógenos en el suelo y su sobrevivencia, influyendo las características propias del suelo, como el número y el tamaño de los poros y de sus interconexiones, y la fuerza con que el patógeno se adsorbe a las partículas de suelo, la humedad del suelo, el pH, la temperatura y otros. Los suelos de textura fina (arcilla, limo) retienen los patógenos mejor que los de textura ligera, arena; los suelos calcáreos mejoran el transporte de contaminantes superficiales hasta los acuíferos (Mawdsley, et al., 1995). Aunque la desecación es letal para *Cryptosporidium*, varios ooquistes resisten temperaturas de -22°C en todos los tipos de agua incluyendo la de mar (Robertson et al., 1992; Kuczynska, et al., 2005).

Aunque el agua subterránea teóricamente es limpia, las aguas superficiales contaminadas con heces pueden alcanzar el agua del subsuelo a partir de diferentes fuentes. Los acuíferos fácilmente se contaminan a partir de aguas residuales y biosólidos de aguas negras, de heces procedentes de ganado y de otras operaciones de granjas de animales, de vertederos sanitarios construídos inapropiadamente, donde se tiran basura y desechos durante la perforación de pozo. La presencia de *Cryptosporidium* en el agua subterránea indica que el agua de la superficie está ganando acceso al acuífero (Pedersen, 1997).. Las fuentes de agua del sistema municipal deben protegerse de la contaminación fecal en diferentes modos. El más importante es que los abastecedores puedan asegurar que las redes del sistema se ajusten al estado y código de la buena construcción y que puedan identificar cualquier fuente de contaminación fecal cerca del área para corregir el problema. Para caracterizar y manejar este riesgo, es necesario, no sólo describir con precisión las enfermedades entéricas que ocurren en el tiempo o entre regiones, sino también evaluar correctamente la exposición atribuible a la contaminación ambiental. La desinfección mata la mayoría de los patógenos y otros microorganismos, comúnmente se utiliza cloro. Hay varias opciones de tratamiento para la eliminación de patógenos en el agua de bebida, debiéndose elegir una solución adecuada para cada sistema de abastecimiento público, en particular, mediante una serie de procesos. En México aun no existen legislaciones específicas de rutina para su monitoreo en las fuentes de abastecimiento de agua para beber ni recreativas (La presencia de

Cryptosporidium en el agua subterránea indica que el agua de la superficie está ganando acceso al acuífero (Pedersen, 1997; González, 2007).

Para proteger el agua de beber son necesarias pruebas rutinarias microbiológicas y aunque no es posible determinar todos los patógenos, en su lugar se miden indicadores de contaminación fecal, con métodos fáciles y económicos. Entre los indicadores fecales usados para agua, se determinan a *Escherichia coli*, estreptococos fecales, enterococos y colifagos, que son virus específicos de *E. coli*. La bacteria *E.coli* es encontrada en el tracto intestinal de animales de sangre caliente y humanos, por lo que su presencia en el agua indica contaminación fecal reciente. Si cualquier muestra de agua es positiva a Coliformes totales, el sistema debe ser probado para la búsqueda de *E.coli* (Savichtcheva y Okabe, 2006). Probablemente no existe un organismo único indicador que pueda predecir la presencia de todos los tipos de patógenos entéricos en el agua, aunque hay una correlación, es necesario encontrar a que distancia pueden extenderse y bajo que circunstancias pueden usarse como indicadores. En algunos países desarrollados, como Estados Unidos, ya se están implementadas normas sanitarias para los sistemas públicos de agua y poder abordar estos contaminantes, así como técnicas descritas para la detección de los parásitos (USEPA, 2005). En México existe una regulación que protege a los sistemas públicos de agua, solamente contra algunas bacterias patógenas, mediante la norma sanitaria que incluye el conteo de Coliformes totales, desarrollando sistemas de monitoreo del agua, pero no existen regulaciones para otro tipo de organismos como *Cryptosporidium* y *Giardia* (NOM-179-SSA1-1998; González, 2007). En esta investigación se planea demostrar la presencia de indicadores de contaminación fecal en agua de pozos municipales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos de agua se efectuaron en dos períodos durante el 2004, en 20 pozos de la red municipal de Ciudad Juárez, Chihuahua, elegidos al azar en diferentes puntos de la ciudad. En la primera etapa se estudiaron muestras de agua antes de la cloración, durante los meses de julio a agosto de 2004, obteniendo de cada pozo una muestra de 10 litros, misma que se procesó inmediatamente en el laboratorio, mediante una técnica basada en el Método 1622 propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, para la detección y conteo de *Cryptosporidium* en agua (U.S.E.P.A.,2001). El agua se somete a un proceso de concentración a través de un ultrafiltro (AHP-0013 Microza; Pall Corp., Glen Cove, N.Y, cuyos poros permiten separar virus, bacterias y protozoarios), hasta obtener un volumen aproximado de 200 mL. Se centrifuga a 3000 RPM por 20

minutos y el sedimento se somete a una separación Inmunomagnética mediante un juego de reactivos comercial (Aureon-C, para *Cryptosporidium*, Aureon Biosystems), que contiene anticuerpos específicos contra los ooquistes de *Cryptosporidium* unidos a partículas paramagnéticas; una vez unidos, se separan las partículas de los ooquistes y éstos se tiñen con anticuerpos específicos para quistes de *Cryptosporidium* marcados con fluoresceína (Waterborne, Inc.) para su identificación y conteo al microscopio de epifluorescencia (LW Scientific). La segunda etapa tuvo lugar en el mes de noviembre del mismo año y los pozos elegidos para el muestreo fueron los nueve que resultaron positivos a *Cryptosporidium parvum* antes de la cloración, sin embargo, para este efecto las muestras de agua se obtuvieron después de la cloración, en este caso con el fin de determinar la presencia de (oo)quistes de *Cryptosporidium* y también de *Giardia lamblia*, por lo que los reactivos utilizados permitieron extender la búsqueda también para el protozooario *Giardia*, en base al método 1623, una modificación del anterior (U.S.E.P.A., 2005).

Para la detección de colifagos (fagos de *E.coli*) se analizaron muestras de 100 ml de agua de 10 pozos, los mismos 9 pozos que resultaron positivos a *Cryptosporidium* en la primera etapa y uno más, utilizando la técnica de siembra en capa simple (EPA, 2001). Para el efecto se mezcló la muestra de agua en cajas de Petri con una suspensión de *E. coli* cepa ATCC 25922 y medio de agar-cerebro-corazón (Difco), incubando a 37 °C por 12 horas. Se observó la formación de colonias líticas por los fagos en el cultivo de *E. coli* y se contaron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera etapa de la investigación, los resultados de las muestras de agua sin clorar mostraron que en el 55% de los pozos estudiados no se detectó la presencia de *Cryptosporidium* (Cuadro I). Sin embargo, fueron positivos a *Cryptosporidium* 11 de los 20 pozos estudiados (45%), presentando una concentración de (oo)quistes variable entre 1 y 9 (tabla I), datos que se traducen como contaminación fecal del agua. Se infiere que la contaminación provenía desde el subsuelo, ya que las muestras de agua se tomaron en el momento de la extracción del agua del pozo y por ello no hubo tiempo de que los contaminantes llegaran de fuera. Algunos datos de contaminación del agua subterránea también se han reportado en diferentes estudios, en los que se comprueba la sobrevivencia de los enteropatógenos en el agua de pozos utilizada para consumo humano (Fong et al., 2007; EPA, 2007). La presencia de protozoarios patógenos en agua subterránea indica que la fuente de agua para beber está bajo la influencia directa del agua de la superficie.

En el Cuadro II se observan los resultados de las muestras de agua estudiadas después del tratamiento con cloro, analizando en esta etapa solo los pozos que resultaron positivos a *Cryptosporidium* en la primera parte del estudio. En base a la literatura, el agua potabilizada con cloro elimina las bacterias (Arana, et al., 1999) pero logran sobrevivir por largo tiempo los ooquistes de *Cryptosporidium* (Peeters et al., 1989), motivo por el cual se esperaba encontrar al parásito en las nuevas muestras ya potabilizadas, debido a la probable contaminación desde el subsuelo, dato que se confirmó, al demostrarse de nuevo la presencia de *Cryptosporidium*, ahora en el 77% de los pozos; igualmente, también se encontró *Giardia* en el 77% de los pozos. Ambos parásitos coincidieron juntos en el 64% de los pozos. *Cryptosporidium* solo, sin *Giardia*, se encontró en un pozo. En el caso de *Giardia* sola, sin *Cryptosporidium*, se encontró en un pozo. Estos datos sugieren que las descargas microbianas que contaminan el agua pueden estar variando conforme pasa el tiempo, dependiendo de la fuente de origen y como consecuencia, también la dilución de los organismos, lo que no permite detectar siempre las mismas cantidades de organismos.

Cuadro 1. Numero de ooquistes de *Cryptosporidium* en agua antes de la cloración.

Clave Pozo	Ooquistes	Clave pozo	Ooquistes
45	0	134	5
94	0	9	2
110	3	53	3
74	4	13	0
163	4	3Z	3
28	0	176	9
132	0	180	0
133	0	172	0
111	1	106	0
113	0	1RR	0

Cuadro 2. Numero de (oo) quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en agua después de la cloración.

Clave Pozo	<i>Cryptosporidium</i> Ooquistes	<i>Giardia</i> quistes
9	3	0
111	1	12
110	5	6
163	6	12
53	4	8
3Z	5	2
176	0	0
134	0	12
119	6	5

El número de los indicadores fecales *Cryptosporidium*, *Giardia* y colifagos en agua potable debe ser cero de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2001; USEPA, 2005).

Los colifagos se determinaron en el 70% de las muestras de agua después de la cloración, dato que se puede relacionar indirectamente con la posible presencia de virus humanos. Dada la importancia del tamaño de los fagos, diferencia significativa con respecto a las bacterias (de mil veces), su presencia aumenta la probabilidad de que un virus infeccioso llegue mejor que una bacteria infecciosa, desde la superficie hasta el subsuelo, a un acuífero poroso y que alcance el sistema de agua de los pozos (EPA, 2001; Allwood, 2005).

Son posibles varias las fuentes de contaminación en el acuífero explotado para esta área de Ciudad Juárez, Chihuahua, considerando en primer lugar como una de las principales la cercanía del área urbana con la zona agrícola del Valle de Juárez, regada con aguas residuales con tratamiento solo primario; también se pueden tomar en cuenta las lecherías y el paso de ganado constante procedente del sur hacia la frontera americana, así como las fuertes tolvaneras que ayudan en la diseminación de microorganismos.

Sugerencias: en el futuro se requieren estudios complementarios que conduzcan a dilucidar las fuentes de contaminación del agua, así como soporte gubernamental en todos los niveles, para el desarrollo e implementación de recomendaciones basadas en evidencias para mejorar el acceso al agua segura, así como la mayor vigilancia de enfermedades de transmisión hídrica. Las aguas subterráneas usadas para abastecimiento doméstico deben protegerse de la contaminación fecal en diferentes modos. El más

importante es que los abastecedores puedan asegurar que los pozos se ajusten al estado y código de la buena construcción; que se pueda identificar cualquier fuente de contaminación fecal cerca del área del pozo y tomar las medidas necesarias para corregir el problema. Igualmente deben tener una conducta experta periódica en el sitio de inspección, incluyendo la evaluación del grado de vulnerabilidad de la fuente de agua y si se encuentra cerca de fuentes de contaminación fecal.

CONCLUSIONES

Se demostró la presencia de *Cryptosporidium* en el agua recién extraída antes de la cloración en el 45 % de 20 pozos municipales estudiados. El 77 % de los pozos positivos anteriormente, nuevamente mostraron a *Cryptosporidium*, además de la presencia de *Giardia*. Los colifagos se determinaron en el 70% de las muestras de agua después de la cloración, indicando una alerta ante la posible presencia también de virus entéricos humanos. El proceso de la cloración aplicado en los pozos municipales de la localidad no está siendo totalmente efectivo para eliminar diversos enteropatógenos, como los parásitos aquí estudiados, ni los colifagos determinados, que aunque no sean de humanos, su tamaño y características coinciden con ellos. El agua considerada obtenida de los pozos municipales de Ciudad Juárez, Chihuahua, considerada como potable para beber, sanitariamente no es microbiológicamente segura. Este estudio se puede considerar como una pauta para continuar con investigaciones futuras que permitan definir con exactitud no solo la presencia de estos patógenos en el agua sino también su viabilidad. Las aguas subterráneas usadas para abastecimiento doméstico de la ciudad deben protegerse de la contaminación fecal en diferentes modos y poder asegurar que los pozos se ajusten al estado y código de la buena construcción.

LITERATURA CITADA

- Allwood, P.B., Y.S. Malik, S. Maherchandani, C.W. Hedberg, y S.M. Goyal. 2005. Effect of temperature on the survival of F-specific RNA Coliphage, feline calicivirus, and *Escherichia coli* in chlorinated water. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2(3): 442-46
- Al-Sa ed, R. 2007. Pathogens assessment in reclaimed Effluent used for industrial crops irrigation. *Int J. Environ. Res. Public Health*. 4(1): 68-75.
- CDC, 2000. Protracted Outbreaks of Cryptosporidiosis Associated With Swimming Pool Use --- Ohio and Nebraska. *MMWR*. May 25, 2001 / 50(20):406-410.

- Entry, J.A. y N. Farmer N. 2001. Ground Water Quality-Movement of Coliform Bacteria and Nutrients in Ground Water Flowing through Basalt and Sand Aquifers. *J. Environ. Qual.* 30:1533–1539 (2001).
- EPA. 2001. Method 1602. Male-specific (F+) and Somatic Coliphage in Water by Single Agar Layer (SAL) Procedure.
- EPA, 2004. Environmental Protection Agency, U.S.A. Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations. Office of Research and Development National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, Ohio.
- EPA, 2007. Ground Water Rule Source Water Monitoring Guidance Manual Office of Water (4607M) EPA 815-R-07-019 www.epa.gov/safewater
- Fong T.T., L.S.Mansfield, D.L.Wilson, D.J.Schwab., S.L.Molloy y J.B.Massive. 2007. Microbiological Groundwater Contamination Associated with a Waterborne Outbreak in Lake Erie, South Bass Island, Ohio. *Environ. Health Persp.* 115 (6): 856-864
- Graczyk T.K., A.C.Majewska y K.J.Schwab. 2008. The role of birds in dissemination of human waterborne enteropathogens. *Trends Parasitol.* 24(2):55-9. [http://www.worldvision.org/resources.nsf/main/myanmar_watercrisis.pdf/\\$file/myanmar_watercrisis.pdf?open&lidw ater_pdf&lpos=day Txt water Crisis](http://www.worldvision.org/resources.nsf/main/myanmar_watercrisis.pdf/$file/myanmar_watercrisis.pdf?open&lidw ater_pdf&lpos=day Txt water Crisis) (consultado el 5 de febrero de 2010).
- González, F.J. 2007. Gestión del Agua y Regulación en México: Historia y Presente. Seminario Internacional. Gestion y Regulacion de los Servicios de Agua Potable y saneamiento. Ciudad de Mexico
- Harter, T. 2007. How long will animal-derived (zoonotic) pathogens persist in groundwater and surface water? Cooperative Extension Specialist, Groundwater Hydrology, University of California, Davis. <http://www.extension.org/faq/26430> (consultado el 15 de febrero, 2010).
- Kuczynska E., D.R.Shelton y Y.Pachepsky. 2005. Effect of bovine manure on *Cryptosporidium parvum* oocyst attachment to soil. *Appl. Environm. Microbiol.* 71(10): 6394–6397
- Lee S.H., D.A. Levy G.F. Craun, M.J.Beach. y R.L.Calderon. 2002. Surveillance for waterborne-disease outbreaks--United States, MMWR Surveill Summ. 51(8):1-47 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12489843>. Accesado el 12 de feb. De 2010).
- Mac Kenzie, W.R.; N.J., Hoxie, M.E. Proctor, M. S. Gradus, K.A. Blair, D.E. Peterson, D.G. Kazmierczak, K.R. Addiss, J.B. Fox y J.P. Davis 1994. A Massive Outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* Infection Transmitted through the Public Water Supply. *N. Engl. J Med* 33(3):161-167
- Mawdsley J.L., R.D. Bardgett, R.J. Merry, B.F. Pain y M.K. Theodorou 1995. Pathogens in livestock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution. *Applied Soil Ecology* 2: 1-15
- NOM-179-SSA1-1998. NORMA Oficial Mexicana NOM-180-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.
- Peeters, J.E., E.A. Mazas, W.J. Masschelein, I. Villacorta y E. Debacker. 1989. Effect of Disinfection of Drinking Water with Ozone or Chlorine Dioxide on Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Appl. Environ. MICROBIOL.* 55(6): 1519-1522
- Pedersen K., L. Hallbeck, J. Arlinger, A.C. Erlandson, y N. Jahromi. 1997. Investigation of granitic aquifers the potential for microbial contamination of deep during drilling using 16s rRNA gene sequencing and culturing methods. *J. Microbiol. Meth.* 30: 179-192

- Robertson L.J., A.T.Cambell y H.V.Smit. 1992. Survival of *Cryptosporidium parvum* Oocysts under Various Environmental Pressures. *Appl. Environm. Microbiol.* 58 (11): 3494-3500
- Savichtcheva, O. y S.Okabe. (2006). Alternative indicators of fecal pollution: Relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Research* 40 2463 – 2476
- Sitko,P. 2004. Water crisis after the storm. Regional Relief Communications. World Vision Asia Pacific Regional Office. World Vision Resources Library
- Thurston-Enriquez, J.A. 2002. A solution at the source. Defining and solving manure-borne pathogen transmission from animal feeding operations. *Water Conditioning and Purification.*
- USEPA 2001. United States Environment Protection Agency. Method 1622: *Cryptosporidium* in water filtration/IMS/FA. <http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/EPA-Method-1622.pdf> (accesado en enero 2005)
- U.S.E.P.A., 2005. Environmental Protection Agency. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/microbes/1623de05.pdf> Consultado el 15 de febrero, 2010).
- WHO. 2001. Waterborne Zoonoses.http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/zoonoses.pdf (consulta 12 de febrero de 2010)
- WHO. 2004. World Health Organization.*Waterborne Zoonoses: Identification, Causes and Control.* WHO, 2005. Environmental Health. Relief Efforts after the in South East Asia. World Health Organization. http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/zoonoses/en/index.html (accesado el 11 de febrero de 2010)
- WHO. 2005; Environmental Health. Relief Efforts after the in South East Asia. World Health Organization. http://www.searo.who.int/LinkFiles/Water_Sanitation_and_Health_TsunamiReport.pdf (accesado el 5 de febrero de 2010)
- Xiao,L., A. Singh, J. Limor, T.K. Graczyk, S.Gradus, and A.Lal. 2001. Molecular Characterization of *Cryptosporidium* oocysts in Samples of Raw Surface Water and Wastewater. *App. Environm. Microbiol.* 67 (3):1097-1101.

Capítulo XII

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE MAÍZ

Organic corn production

Enrique Salazar Sosa^{1,2}, Héctor Idilio Trejo¹, Cirilo Vázquez Vázquez¹, José Dimas López Martínez¹, J. Antonio Chavarria Galicia².

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED, km 28 carr. Gómez Palacio –Tlahualilo

²Instituto Tecnológico de Torreón, carr. Torreón San Pedro km 7.5

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, en el ciclo primavera-verano de los años 2007 y 2008, los factores de estudio fueron densidad de siembra (A1=67,000, A2=88,800 p ha⁻¹) y tratamientos de estiércol bovino solarizado (0, 40, 80, 120) y tratamiento químico de 150-150-00, el objetivo del trabajo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol en la producción de forraje y grano de maíz con el enfoque orgánico. Los resultados muestran que en producción de forraje verde y seco el mejor tratamiento fue el de 120 t ha⁻¹ de estiércol en las dos densidades mencionadas A1 y A2 con 77.33 y 70 t ha⁻¹ de forraje verde y 18.56 y 16.8 t ha⁻¹ de materia seca, este mismo tratamiento fue mejor con respecto a peso de mazorcas y semilla, pero en número de mazorcas es mejor fue el de 80 t ha⁻¹. Con respecto al suelo el tratamiento que muestra mayor MO, nitratos y amonio es el de 120 t ha⁻¹, con valores de 3 %, 230 ppm y 25 ppm respectivamente en el 2008, y en el 2007 el pH y la CE fueron mayores en este mismo tratamiento con 8.4 y 4 dS m⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: estiércol, bovino, maíz

SUMMARY

This work was performed at the experimental field of the Agriculture and Animal Science Collage of Durango State Juarez University of Mexico, during the spring and summer of 2007 and 2008 years. The study factors were crop density (A1 = 67.000, and A2 = 88.800 ha⁻¹) and solarized cattle manure treatments (0, 40, 80, 120 t ha⁻¹) with a additional chemical treatment 150-150-00 kg ha⁻¹ of nitrogen, phosphorus and potassium respectively. The objective was to determine the best treatment of manure in the production of forage and grain maize as a organic approach. The results show that production of green and dry maize in the two densities A1 and A2 the best treatment was 120 t ha⁻¹ of manure applied with, 77.33 and 70 t ha⁻¹ of green forage and 18.56 and 16.8 t ha⁻¹ dry matter respectively. Also this treatment shown the highest weight of pods and seeds but, the number of ears was higher at 80 t ha⁻¹ of cow manure applied. With respect to soil parameters measured in 2008 year, the treatment that shown greater organic matter, nitrates and ammonia also was 120 t ha⁻¹, with values of 3%, 230 ppm and 25 ppm, respectively but, in 2007 year, the pH and electric conductivity were higher with a maximum of 8.4 and 4 dS m⁻¹ in the same treatment respectively.

Key words: manure, bovine, corn.

INTRODUCCIÓN

La producción orgánica es un sistema que emplea insumos naturales y prácticas como la aplicación de compostas y abonos verdes, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales entre otras, prohibiendo el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003); se caracteriza por garantizar al consumidor el suministro de alimentos libres de contaminantes, de alta calidad y en cantidades suficientes. El mantener una adecuada cantidad de humus en el suelo, el empleo de técnicas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y la conservación del suelo, la rotación de cultivos, así como la eliminación de técnicas y productos contaminantes forman parte de los principios fundamentales de la agricultura orgánica (Fortis *et al.*, 2007).

La producción orgánica basada en las características y principios anteriores ha sido aceptada mundialmente siendo Oceanía quien mayor superficie orgánica posee (39%), seguido de Europa (21%) y de América Latina (20%) (Willer *et al.*, 2006).

México cuenta aproximadamente con 307,693 hectáreas de superficie cultivada de manera orgánica; destacando los estados de Chiapas y Oaxaca con 86,384.36 y 52,707.85 hectáreas respectivamente (Valero, 2007)

México produce orgánicamente, estando entre los principales cultivos: café, frijol, hortalizas, maíz azul y blanco, manzana, nueces, papaya, plátano, soya, entre otros, ocupando el primer lugar el café, mientras que el maíz ocupa el quinto sitio (Fortis *et al.*, 2007).

El maíz al igual que cualquier cultivo requiere de una cantidad suficiente de nutrientes para satisfacer sus necesidades, sin embargo los nutrientes que demanda el cultivo son deficientes en el suelo, estos pueden ser aportados por fertilizantes orgánicos como estiércoles y residuos de cosecha (Salazar *et al.*, 2002).

En la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más importante del país con más de 400,000 cabezas de ganado bovino, debido a esto se genera una gran cantidad de desechos orgánicos (estiércol), tomando en cuenta que cada cabeza excreta 32.9 kg por día de estiércol, al mes se genera una cantidad de 12´495,716 toneladas, que actualmente no están siendo utilizadas en algún tratamiento, si no que en algunas partes de la región está siendo uno de los elementos de contaminación al medio (Luévano y González, 2001).

Una práctica común entre los productores de la región es la aplicación continua de estiércol, lo que ha ocasionado problemas serios de salinidad y sodicidad, por lo que tiene que ser tratado y dosificado para evitar posible contaminación al suelo y al agua del acuífero subterráneo (SAGARPA, 2000).

Otra práctica importante es el monitoreo del suelo antes de la aplicación del estiércol, para de esta manera decidir cuanto aplicar por año; se requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o de la también llamada tasa de mineralización, lo que se utiliza de apoyo al calcular las dosis de abono orgánico (Salazar *et al.*, 2003).

Los objetivos del trabajo son: Determinar el impacto del estiércol solarizado sobre la producción de maíz forrajero y grano bajo riego sub-superficial para llegar a una producción orgánica. Determinando la mejor dosis de aplicación de estiércol solarizado sobre la mineralización del nitrógeno y su impacto en el rendimiento de maíz forrajero y grano.

Estado del campo del arte

Los Abonos Orgánicos

Ramírez (2005) menciona que en las últimas décadas se ha retomado la importancia en el uso de las fuentes orgánicas, esto debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos y al

desequilibrio ambiental que estos ocasionan en los suelos, así como también a la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas que es un aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de dichos sistemas.

De acuerdo a la definición de Trinidad (2006), los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal, de los cuales las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos, mientras que el suelo con la descomposición de estos abonos, se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus características, físicas, químicas y biológicas.

En la actualidad las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo han sido deterioradas por el uso excesivo de fertilizantes químicos y la poca utilización de abonos orgánicos (Salazar *et al.*, 2002); el estiércol, los residuos de cosecha, microorganismos y animales en descomposición son fuentes importantes de nitrógeno que regresan al suelo, sin embargo debe de pasar por un proceso de mineralización, y de esta manera pueda estar disponible para las plantas y los microorganismos del suelo (Salazar *et al.*, 2003).

Los microorganismos presentes en el suelo son los responsables de la descomposición de materia orgánica, siendo los compuestos orgánicos resultantes de dicho proceso la fuente de alimento de los organismos (Salazar, 1998).

La Mineralización de los Abonos Orgánicos

El proceso mediante el cual el nitrógeno pasa de compuestos orgánicos a formas inorgánicas es llamado mineralización; en dicho proceso existen dos etapas, la amonificación y la nitrificación. La amonificación es la liberación de amonio a partir de las estructuras orgánicas, como consecuencia de la acción de numerosos microorganismos; se caracteriza por que el proceso se lleva a cabo dentro de un amplio rango de humedad, temperatura y aireación. La nitrificación es el paso de amonio a nitratos, siendo más estricta en condiciones ambientales requeridas y la realiza un reducido número de bacterias. El proceso de la mineralización se produce a mayor velocidad en suelos bien aireados, húmedos y cálidos.

El porcentaje de nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable de residuos orgánicos como estiércoles, varía de un 30 a 90%. Aunque existen grandes cantidades de nitrógeno orgánico en el suelo, solo una pequeña fracción se encuentra disponible para los microorganismos, misma que se conoce como nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable, el cual constituye no más del 10% del N orgánico total del suelo (Salazar *et al.* 2007)

El Estiércol de Bovino

El estiércol de bovino, es el producto que se obtiene de la fermentación anaerobia sucedida en el aparato digestivo de los residuos alimentarios no utilizados por el rumiante. Esta fermentación sintetiza una considerable cantidad de proteína que es desperdiciada junto con parte de la energía no aprovechada (Pérez-Gavilán y Viniegra, 1976)

Las heces que salen del recto por el ano en las vacas se componen de residuos de alimentos no digeridos, enzimas digestivas, células eliminadas en el tracto intestinal, residuos de microorganismos no digeridos (bacterias); la cantidad de estiércol producida cada día puede variar según la tasa de ingestión y la composición de la dieta. La composición del estiércol producido por vacas lecheras está conformado por un 79% de agua y un 21% de materia seca; de la cual el 2.3% es nitrógeno (N), 1.1% fósforo (P_2O_5) y 2.9% de potasio (K_2O) (Ensminger *et al.*, 1990)

En México se producen más de 30 millones de toneladas de estiércol bovino, de los cuales la Comarca Lagunera contribuye con 12 a 14 millones de toneladas (Pérez-Canedo, 2008).

La región conocida como Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, anualmente produce un millón de toneladas de estiércol de bovino, de ahí la importancia de utilizar este desecho de la industria lechera en la producción de maíz forrajero (Figueroa, 2003).

Un manejo sustentable del estiércol debe incluir los siguientes objetivos: 1) reciclar nutrientes aprovechables por los cultivos, 2) aumentar la materia orgánica del suelo, 3) minimizar los riesgos de contaminación al acuífero y 4) minimizar riesgos de contaminación o toxicidad (química o microbiológica) en el ganado y en cultivos de consumo humano (Figueroa, 2004)

Un problema al aplicar estiércol de forma inadecuada o de manera excesiva es que se provoca salinidad en el suelo y la lixiviación de nitratos originados (Salazar *et al.*, 2002); por lo que es necesario el buscar la manera adecuada de aprovecharlo, dosificándolo e incorporándolo al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo su óptimo desarrollo y un nivel de productividad alto, siempre y cuando el ambiente no sea contaminado (Salazar *et al.*, 2003).

De acuerdo a Salazar *et al.* (2002 y 2003) en la Comarca Lagunera los estiércoles tienen diferencias en cuanto a su contenido de nutrimentos, y es necesario llevar un seguimiento en la aplicación de estiércol ya que excediendo las dosis (mas de 120 Mgr ha^{-1}) y al cabo de 5 años de aplicarlo la C.E. puede ser incrementada hasta más de 4 dS m^{-1} .

Es de vital importancia el conocer los microorganismos que están presentes en el estiércol, ya que algunos pueden ser patógenos para los humanos; los principales hongos detectados son Mucorales,

Discomycetes y Basidiomycetes. Otro factor importante que aun se desconoce son los diferentes tipos de malezas presentes y el efecto de solarizar el estiércol (Lynd *et al.*, 2002).

Efecto de la aplicación del estiércol en las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas)

Es evidente que las propiedades físicas del suelo tendrán un efecto positivo al aplicar estiércol, las características en las que los abonos influyen favorablemente son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados (Trinidad, 2006).

Las propiedades químicas de un suelo cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos, dentro de estas se encuentran el contenido de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, pH y conductividad eléctrica; un ejemplo de lo anterior es que con la aplicación de 67 ton ha⁻¹ de estiércol vacuno por año, durante cuatro años, se incrementó el contenido de materia orgánica de 1.41% a 2.59% (Trinidad, 2006).

Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y ejercen efectos en el crecimiento de las plantas; al tener un medio biológicamente activo se logra una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo; en relación con la disponibilidad de nutrientes la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolas de formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas (Trinidad, 2006).

Normas de Aplicación de Estiércol de Bovino al Suelo

Legislación sobre residuos ganaderos: en nuestro país se cuenta con una norma oficial Mexicana (NOM-307-Fito-1995/1996) en la que establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. La normatividad de la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el procesamiento de los productos orgánicos, así como los instrumentos que posibilitan el cumplimiento de los sistemas de regulación.

Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol

Los tratamientos de transformación en abono pueden ser divididos en dos grupos:

a) Tratamientos Pasivos: se basan en el mantenimiento de los desechos orgánicos bajo condiciones naturales; los factores ambientales tales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta, si actúan con tiempo suficiente inhiben el crecimiento de organismos patógenos y eventualmente los

destruye. Este método toma demasiado tiempo para reducir el número de patógenos en la materia y resulta difícil determinar el tiempo necesario para que este proceso tenga lugar.

b) Tratamientos activos: son aquellos que las pilas de materia son tratadas en condiciones que aceleraron el proceso de transformación de los desechos en abono. Las pilas de materia son removidas con frecuencia o bien se les administra otro tipo de aireación con miras a mantener condiciones adecuadas de oxígeno dentro de la pila: controlando los niveles de temperatura y humedad y se añaden suplementos para obtener una humedad óptima y una tasa adecuada de carbono-nitrógeno.

Bajo condiciones adecuadas la elevada temperatura generada destruye la mayor parte de los patógenos en un tiempo relativamente corto. La presencia de *E. coli* y *Salmonella* suele ser utilizada como indicador que el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y se procederá con tratamientos adicionales tales como: pasteurización, secado con calor, la digestión anaeróbica, la estabilización con álcalis, la digestión aeróbica o una combinación de todos para acelerar el proceso.

Estiércol animal no tratado: en la producción de productos vegetales comestibles da un mayor riesgo de contaminación por lo tanto no se recomienda al ser empleado deberá ser añadido a la tierra durante la preparación del suelo y antes de la siembra; ha de ser incorporado al suelo y la tierra removida de manera periódica para facilitar la reducción de patógenos. Es necesario dejar pasar el máximo de tiempo entre la aplicación del estiércol y la siembra.

El Proceso de la Solarización

Un método para desinfectar el suelo que se ha utilizado con éxito en las últimas décadas es la Solarización, consiste en colocar cubiertas plásticas que tienen la capacidad de captar la radiación e incrementar la temperatura del suelo; éste método se ha empleado para eliminar estados inmaduros y adultos artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas, como hongos, bacterias y nematodos, así como semillas y propágulos de maleza (Vázquez *et al.* 2008).

De acuerdo a los estudios realizados por Vázquez *et al.* (2008), reportan que al solarizar el estiércol (en las condiciones de la Comarca Lagunera), utilizando doble capa plástica se alcanzaron temperaturas de hasta 62°C, observando que se elimina la presencia de patógenos como *E. coli* y *Salmonella*, logrando así un abono inocuo para uso agrícola.

EL Cultivo del Maíz

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género y de

las más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. El maíz tiene el mas alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo (Salazar *et al.* 2007).

El maíz es consumido principalmente por la industria pecuaria, durante el ciclo 2005-2006 se produjeron alrededor de 695 millones de toneladas de maíz mundiales, siendo Estados Unidos el mayor productor con 282 millones de toneladas (Robles *et al.*, 2008)

En México, el maíz grano ocupa el primer lugar de superficie sembrada con ocho millones de hectáreas y un rendimiento medio de 21 millones de toneladas anuales (93% maíz blanco y 7% de maíz amarillo)(SAGARPA, 2007).

La producción nacional de maíz forrajero está concentrada en un 80% en solo seis estados productores de leche (Jalisco, Chihuahua, Aguascalientes, México, Durango y Coahuila) (SAGARPA, 2000).

Para el año agrícola 2007, en México se cosecharon 328,311.57 ha de maíz forrajero, con una producción nacional de 10,348,756.72 toneladas (SIAP, 2008).

En la Comarca Lagunera se siembran anualmente 72,232 ha de cultivos forrajeros, superado por la alfalfa (SAGARPA, 2001), de estos el maíz forrajero ocupa el segundo lugar con 34,770 ha, y una producción de 1,500,808 toneladas (SIAP, 2008).

La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras debido a su alto rendimiento energético que aporta, actualmente la producción promedio de maíz forrajero por hectárea en la Comarca Lagunera es de 45 megagramos de forraje fresco y 15 megagramos de forraje seco (Reta *et al.*, 2002)

Un aspecto importante en la obtención del mayor rendimiento posible en maíz es la densidad de siembra, ya que la producción responde a los incrementos de la densidad, sin embargo llega un punto en el que al aumentarla el rendimiento empieza a disminuir; siendo los factores que causan este comportamiento la luz y la competencia por la humedad y los nutrientes (Salazar *et al.* 2007).

En la región Lagunera se han llevado a cabo investigaciones en surcos estrechos, espaciados a 38, 50 y 60 cm, teniendo poblaciones de 86,000 a 112,000 p ha⁻¹ en comparación con la siembra tradicional de surcos que van de 75 a 80 cm. con poblaciones de 64,000 a 84,000 p ha⁻¹ (INIFAP, 2002).

El maíz requiere para su desarrollo ciertas cantidades de elementos minerales que pueden ser cubiertos mediante la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos, al analizar tratamientos en especies forrajeras la aplicación de abonos orgánicos se obtuvieron resultados en los que se incremento el rendimiento un 80% en comparación con fertilizante químico (Wade, 1983). Salazar *et al.* (2003)

recomiendan que para la producción de maíz se requiere una aplicación inicial de estiércol de 120 ton ha⁻¹, pudiendo reducirse en años posteriores a 80 ton ha⁻¹, aplicándose un mes antes de la siembra. En experimentos realizados por Salazar *et al.* (2004), al aplicar estiércol con dosis de 0, 40, 80, 120 y 160 ton ha⁻¹, y fertilizante químico, obtuvo rendimientos de 28, 62, 74, 72, 66 y 61 ton ha⁻¹ de forraje verde respectivamente, pudiendo observar que los tratamientos con 80 y 120 ton ha⁻¹, fueron los que obtuvieron mejores rendimientos de maíz forrajero.

La Variedad San Lorenzo

La variedad San Lorenzo tiene su origen en el año de 1982, en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la Universidad Juárez del estado de Durango, por profesores investigadores, mediante un proceso de selección masal fenotípica de un elote aislado con 17 ciclos de recombinación de la raza Tuxpeño y maíz ramoso.

Cuadro 1. Características agronómicas de la variedad “San Lorenzo”.

Condiciones de siembra	Riego y temporal
Potencia de uso	Grano y forraje
Tipo de madurez	Precoz a intermedia
Fecha de siembra	Marzo 15 a julio 15 (Comarca Lagunera)
Plantas por hectárea	55 mil a 65 mil (grano) 90 a 110 mil (forraje)
Días a la floración	55 a 65 días
Acame	Resistente
Cobertura de mazorca	Buena
Color de grano	Blanco cremoso
Enfermedades foliares	muy tolerante
Pudrición de mazorca	Baja
Días de cosecha	110 a 120 (95 para silo)

En cuanto al porcentaje de Proteína Cruda (PC) la variedad San Lorenzo presenta un 8.5%.

De acuerdo a las características anteriores la variedad San Lorenzo es una opción viable para conseguir una producción sostenible, además es una variedad que compite con los mejores híbridos que se usan en la región lagunera, en cuanto a calidad y rendimiento (Salazar *et al.*, 2004)

Riego Subsuperficial

El sistema de riego a emplear dependerá del cultivo a sembrar y el tipo de suelo; en la actualidad se ha incrementado el uso de sistemas de riego presurizado como el de goteo y aspersión (Mendoza, 2003)

El método de riego por goteo subsuperficial ha sido investigado y desarrollado en las últimas décadas habiendo demostrado un gran potencial al eficientar la productividad y la calidad, es caracterizado como una alternativa sustentable de cualquier otro método de irrigación (Claude, 1995).

El sistema de goteo consta básicamente de los siguientes componentes: una fuente de abastecimiento de agua, bomba, sistema filtrado, medidor de gasto de agua, en algunos casos inyectora de fertilizantes, así como de la red de distribución de cintas o mangueras (Mendoza, 2003)

Las ventajas y desventajas de este sistema de riego según Mendoza (2003) y Phene (1987) son las siguientes:

Ventajas:

Mejor optimización y eficiencia en la conducción, aplicación y distribución del agua.

Reduce la evaporación de la superficie del suelo

Aplicación de fertilizantes, mejoradores de suelo, insecticidas, a través del sistema con mayor eficiencia de aprovechamiento y reducción de costos de aplicación de los mismos.

Humedad adecuada según la etapa de cultivo.

Permite o facilita la utilización del sistema de labranza de conservación.

Desventajas:

El costo inicial del sistema es elevado.

Necesidad de cuidado continuo.

Taponamiento de emisores, daño de mangueras y del sistema.

Residualidad de productos.

Dependiendo de la localización de los goteros se puede alterar el patrón normal de desarrollo radicular.

Aumenta la probabilidad de producir salinidad.

MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica

En la parte centro-norte del país entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte se encuentra localizada la Región Lagunera, a una altura sobre el nivel del mar de 1139 m.

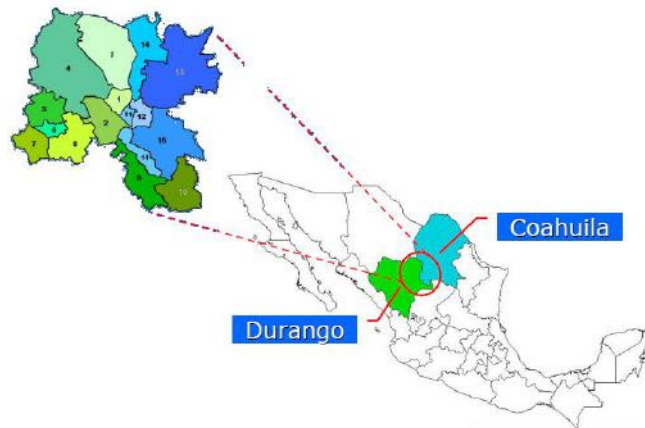


Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera en el territorio nacional.

Ubicación del sitio experimental

El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

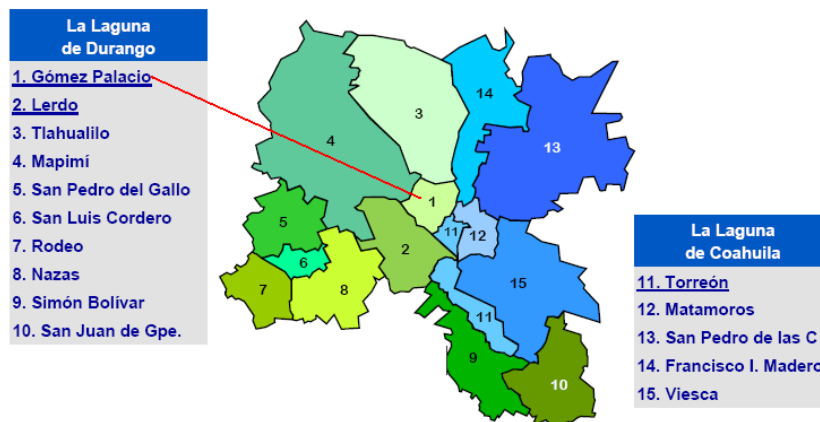


Figura 2. Localización del municipio de Gómez Palacio en la Comarca Lagunera.

Características físicas y químicas del estiércol.

La composición del estiércol varía de acuerdo a factores como la especie, edad y alimentación del ganado, así como el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición y lavado que haya tenido lugar durante su almacenaje y compostaje (Biblioteca de la Agricultura, 1998).

Algunas de las estructuras orgánicas con diferentes grados de biodegradación del estiércol son la celulosa, hemicelulosa, almidones, chitina, lignina, etc. las cuales debido a la acción enzimática son

biodegradadas de polímeros a simples monómeros, liberando iones, los cuales son aprovechados por las plantas.

Los estiércoles en la comarca lagunera tienen diferencias en cuanto a contenidos de nutrimentos, Salazar *et al.* (2003) reportan que en términos generales el estiércol (analizado en la FAZ-UJED) contiene 1.02% de Na con una C.E. de 5.5 a 7.6 dS m⁻¹.

Espacio de exploración

Los factores en estudio (cuadro 2) fueron la densidad del cultivo (67,000 y 88,800 p ha⁻¹) y estiércol solarizado [de 0 a 120 ha⁻¹ +fertilizante químico (150-150-00)].

Cuadro 2. Factores en estudio, densidad de siembra y tratamientos de estiércol solarizado 2008.

Factor A	Factor B
Densidad de siembra	Niveles: estiércol (Ton ha ⁻¹)
A1 = 67,000 p ha ⁻¹	B1 = 0 Ton ha ⁻¹
A2 = 88,800 p ha ⁻¹	B2 = 40 Ton ha ⁻¹
	B3 = 80 Ton ha ⁻¹
	B4 = 120 Ton ha ⁻¹
	B5 = Fertilizante químico (150-150-0)

Diseño experimental

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones. La unidad experimental fue de dos metros de ancho por cuatro de largo.

Establecimiento y conducción del experimento

Preparación del terreno: se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación, antes de la aplicación del estiércol solarizado, posteriormente se aplicó el estiércol, para luego volver a rastrear y por último se colocó la cintilla y tubería necesaria para el riego.

Aplicación del estiércol

En el lote experimental se aplico por primera vez estiércol en 2007, la aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra, con el fin de que se mezclara con el suelo y que tuviera el estiércol incorporado en 2008 se aplicó en los mismos predios los mismos tratamientos.

Siembra

La siembra se realizó durante el ciclo primavera-verano 2007 y 2008, utilizando la variedad San Lorenzo, con distancias entre surcos de 0.75 m de separación.

Fertilización

Para el tratamiento de fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 150-150-0.

VARIABLES MEDIDAS EN EL SUELO

Características físicas:

Temperatura (determinada con termómetro)

Humedad

Características químicas:

Potencial de Hidrogeno (pH), determinado con potenciómetro.

Conductividad eléctrica (C.E.) determinado con Conductímetro.

Nitrógeno inorgánico (nitratos y amonio) por el método de Kenjdall o arrastre de vapor.

Instalación del sistema de riego

Se instaló la cintilla a una distancia de 75 cm, superficial, con un calibre de 8 mill (0.2 mm), con emisiones cada 15 cm.

VARIABLES EVALUADAS EN LA PLANTA

Las variables evaluadas en la planta fueron: rendimiento de forraje (verde y seco), altura y diámetro de tallo, peso de mazorca y el peso de 100 semillas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje verde (ton ha^{-1}). El tratamiento sobresaliente para la densidad 1 ($67,000 \text{ p ha}^{-1}$) fue el de 120 ton ha^{-1} de estiércol solarizado, con 59.92 y 54 ton ha^{-1} de forraje verde, para 2007 y 2008, respectivamente; mientras que para la densidad 2 ($88,800 \text{ p ha}^{-1}$), el tratamiento con mayor rendimiento fue el de 120 ton ha^{-1} , con 55 y 70 ton ha^{-1} de forraje verde, para los mismos años; los rendimientos más bajos para las dos densidades los obtuvo el tratamiento de 0 ton ha^{-1} , con 33.75 y 38 ton ha^{-1} (densidad 1) y 37.67 y 46.3 ton ha^{-1} (densidad 2) para 2007 y 2008 (figura 3). Claramente los rendimientos obtenidos en los tratamientos abonados fueron superiores a la media mencionada por Reta 232

et al. (2002) de 45 ton ha⁻¹ de forraje fresco en la Comarca Lagunera, esto se refleja en lo registrado por Wade (1983), ya que al analizar algunos tratamientos de estiércol sobre especies forrajeras obtuvo un incremento en los rendimientos de hasta 80%.

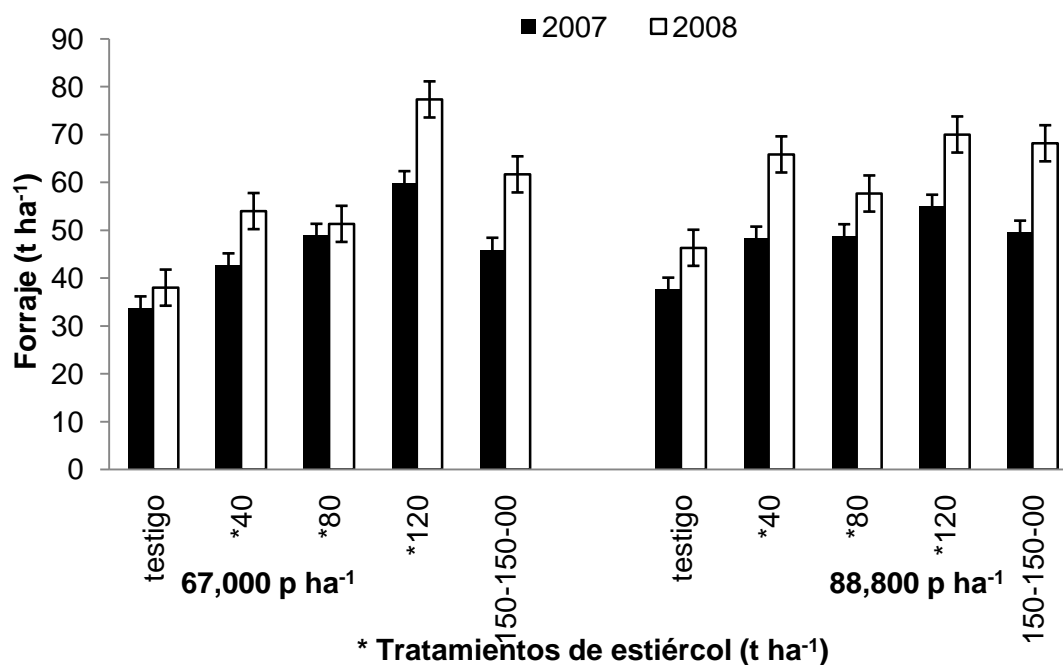


Figura 3. Rendimiento de forraje verde en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado en las dos densidades de siembra. CAE-FAZ-UJED, 2007 y 2008.

Rendimiento de forraje seco. El tratamiento que mostró el mayor rendimiento para la densidad 1 (67,000 p ha⁻¹) fue el de 120 ton ha⁻¹ con 14.38 y 18.56 ton ha⁻¹ de forraje seco en el año 2007 y 2008 respectivamente. También para la densidad 2 (88,800 p ha⁻¹) fue el de 120 ton ha⁻¹, con 13.20 y 16.80 ton ha⁻¹ de forraje seco en 2007 y 2008 respectivamente (figura 4), lo cual rebaza la media regional mencionada por Reta *et al.* (2002) de 15 ton ha⁻¹.

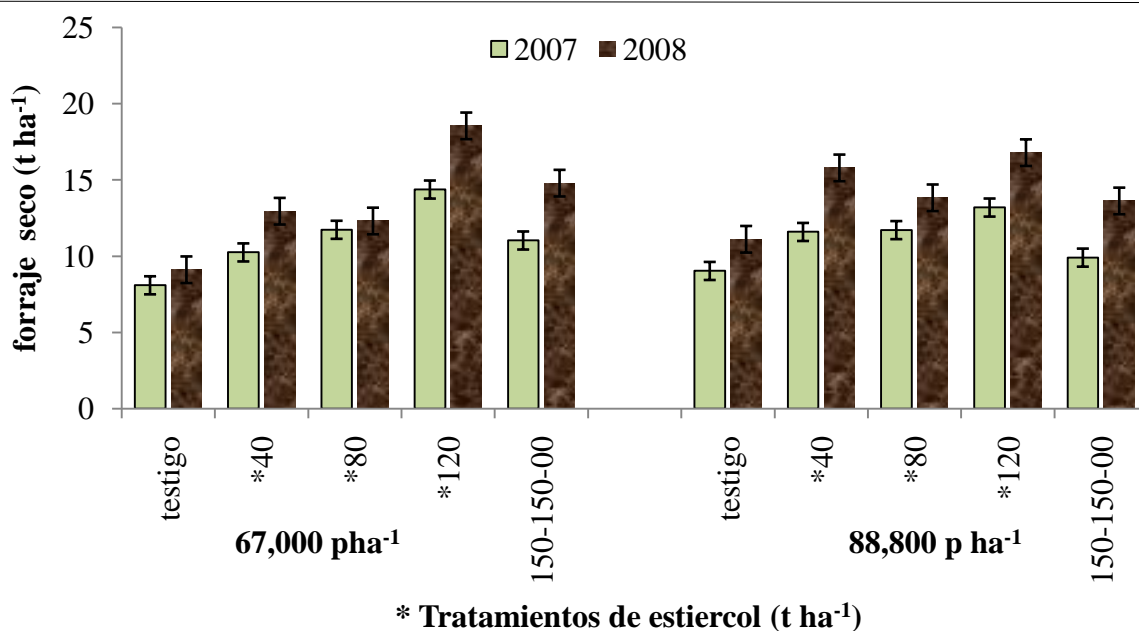


Figura 4. Producción de forraje seco en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado, y las dos densidades de siembra. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

Número y peso de mazorcas, peso de 100 semillas. En los resultados para las variables de número de mazorca y peso de mazorcas se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 4), pudiendo observar que los tratamientos con mayor número de mazorcas fueron el de 40, 80 ton ha⁻¹ de estiércol solarizado y el testigo químico (150-150-0), registrando 2 y 2.25 mazorcas por planta en 2007 y 2008 respectivamente; en cuanto al peso de mazorcas el tratamiento que sobresalió fue el de 120 ton ha⁻¹, registrando un peso por mazorca de 142.6 y 192.91 gr. para los años 2007 y 2008. Referente al peso de cien semillas en 2007 el mejor el tratamiento fue el de 120 ton ha⁻¹ de estiércol mostró el mayor peso de 100 semillas con 31.8 gr., mientras que en 2008 los mejores resultados son los de el tratamiento de 80 ton ha⁻¹, con 29.7 gr.

Cuadro 4. Cuadro de medias de las variables: Numero de mazorcas, peso por mazorca y peso de cien semillas. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

Estiércol solarizado	Numero de Mazorcas		Peso mazorca (gr)		Peso 100 semillas (gr)	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
0 ton ha ⁻¹	1.25	2	114.29	145.81	30.51	23.23
40 ton ha ⁻¹	2	2.25	140.98	182.81	28.81	29.25
80 ton ha ⁻¹	2	2.25	135.98	160.35	26.55	29.70
120 ton ha ⁻¹	2	2	142.60	192.91	31.80	27.85
150-150-00	1.25	2.25	119.83	164.12	25.88	30.04

Variables medidas en el suelo

Análisis de suelo. Se realizó un análisis de suelo de los siguientes factores: pH, Materia orgánica (M.O.), Conductividad eléctrica (C.E.), Nitratos (NO₃) y Amonio (NH₄).

En la figura 5 podemos observar los valores de pH que obtuvieron los diferentes tratamientos de estiércol solarizado, en 2007 y 2008. Se realizaron muestreos a las dos profundidades (0-15 y 15-30 cm); se observa que los valores de pH son menores en todos los tratamientos en 2008, obteniendo los niveles mayores el tratamiento de 80 ton ha⁻¹, 8.31 (0-15 cm) y 8.29 (15.30 cm) para 2007; en 2008, para el primer estrato (0-15 cm) el valor más alto lo obtuvo el tratamiento de 80 ton ha⁻¹ con 7.43 y para el estrato de 15-30 cm el tratamiento de 0 ton ha⁻¹ obtuvo el pH más alto con 7.36.

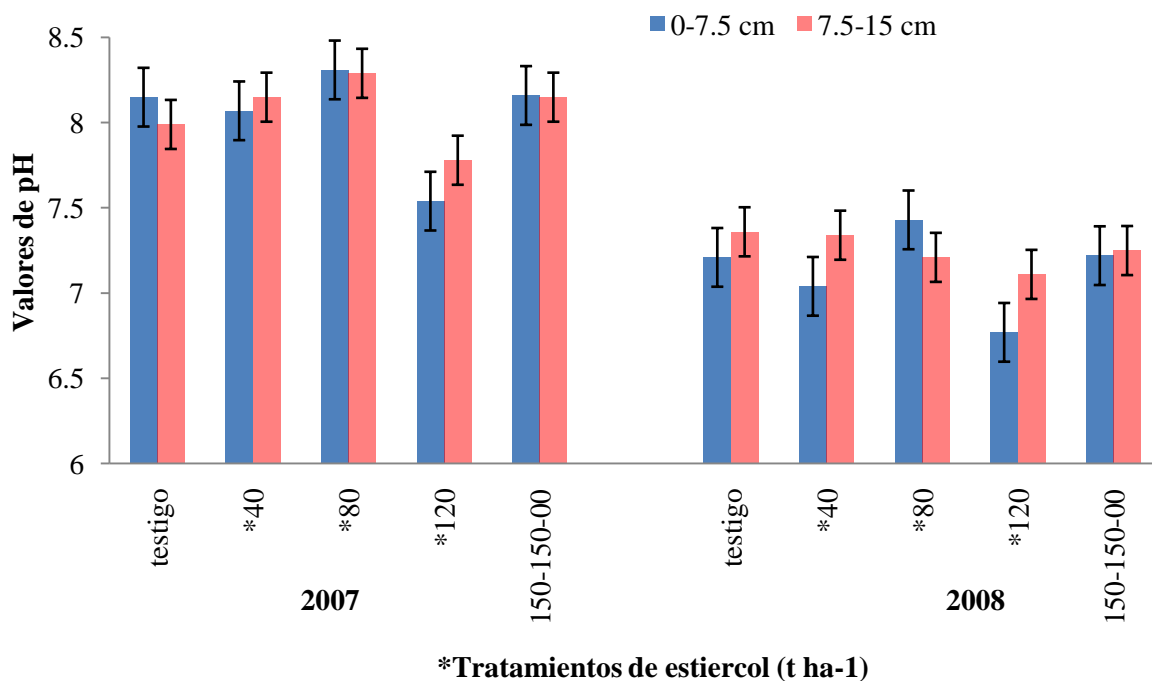


Figura 5. Valores de pH del suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) y dos años de estudio en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ.UJED 2007-2008.

Conductividad Eléctrica (C.E.): los resultados obtenidos del análisis de suelo con respecto a C.E. se observan en la figura 6; los valores de C.E. fueron menores en 2008, pudiendo observar que los valores mayores se encuentran en el primer estrato del suelo (0-15 cm); los valores más altos los obtuvo el tratamiento de 120 ton ha⁻¹, para la profundidad de 0-15 cm con 4.28 dS m⁻¹ (2007), y 2.67 dS m⁻¹ (2008); en la profundidad de 15-30 cm, para 2007 el tratamiento de 120 ton ha⁻¹ obtuvo el valor más alto con 3.45 dS m⁻¹, para 2008 fue el de 80 ton ha⁻¹ con 1.57 dS m⁻¹; mientras que los valores menores fueron registrados por el tratamiento de 0 ton ha⁻¹, lo anterior coincide con Salazar *et al.* (2002), ya que menciona que al aumentar las dosis de estiércol aplicadas al suelo, habrá también un incremento en la cantidad de sales.

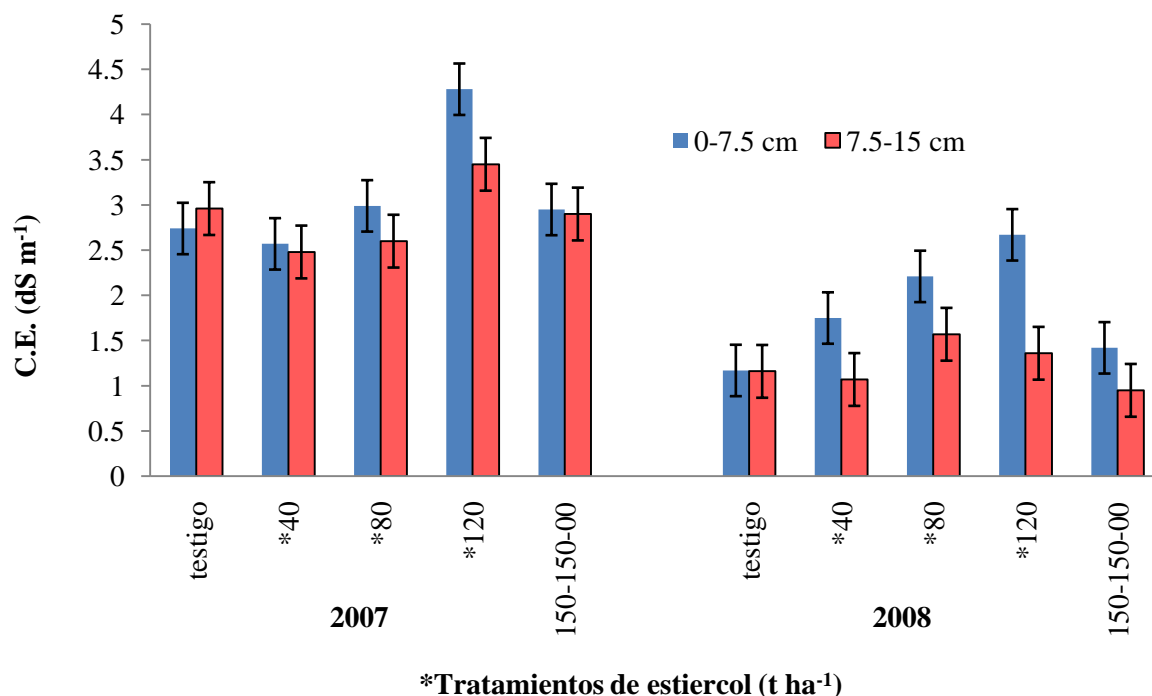


Figura 6. Conductividad eléctrica (dS m⁻¹) de dos profundidades y dos años de estudio en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

Materia Orgánica (M.O.). Los porcentajes de materia orgánica obtenidos (figura 7) reflejan un incremento en todos los tratamientos en 2008. Los porcentajes mayores para 2007 los obtuvo el tratamiento de 120 ton ha⁻¹, para el primer estrato del suelo con 2.62%, para el segundo estrato los tratamientos de 80 y 120 ton ha⁻¹ obtuvieron 2.20%; en 2008 el de 80 ton ha⁻¹ obtuvo el porcentaje más alto de M.O. 3.03% seguido del de 120 ton ha⁻¹ con 2.94 para el primer estrato, mientras que para el segundo el porcentaje mayor lo obtuvo el de 120 ton ha⁻¹ con 2.92%. Estos resultados reflejan que al incrementar la dosis de estiércol de igual manera incrementa la materia orgánica en el suelo, coincidiendo con lo mencionado por Figueroa (2003), ya que al haber un buen manejo del estiércol, proporcionará un aumento de materia orgánica al suelo.

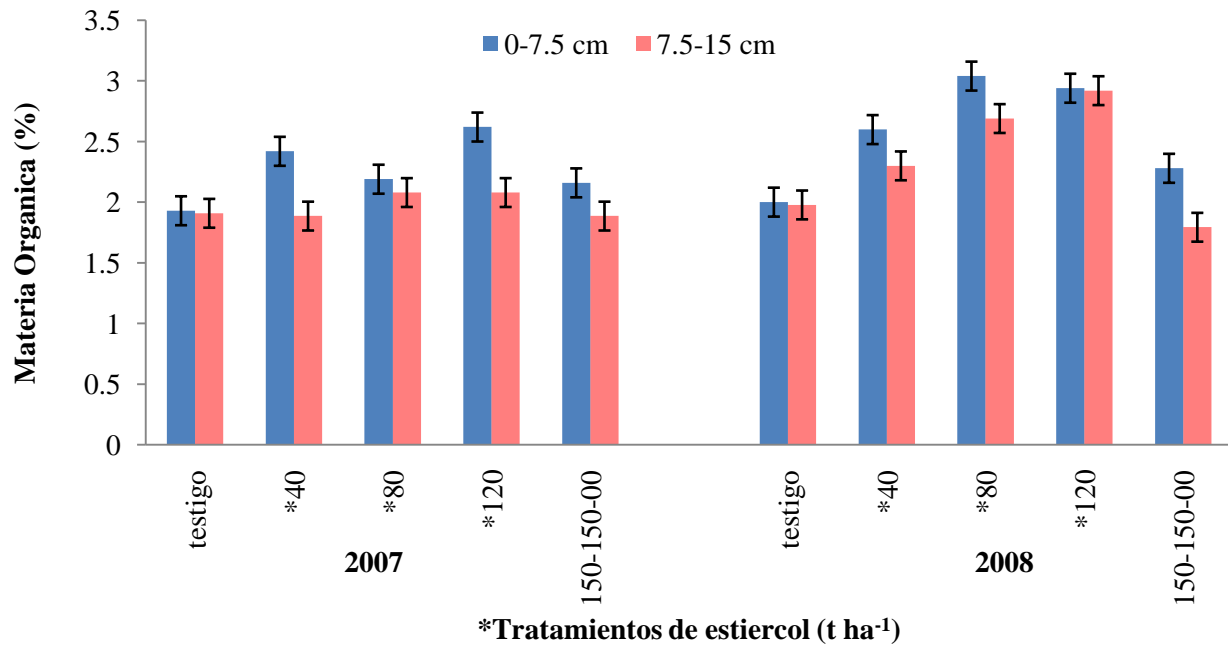


Figura 7. Porcentajes de Materia Orgánica del suelo, en dos profundidades y dos años de estudio, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

Nitratos (NO₃). En la figura 8 se puede observar que hubo un incremento bastante alto en el contenido de nitratos en el suelo en 2008, siendo el tratamiento con mayor contenido de nitratos el de 120 ton ha⁻¹, para 2007 se obtuvieron 14.71 (0-15 cm) y 11.7 ppm (15-30 cm), mientras que para 2008, 240.41 (0-15 cm) y 146.77 ppm (15-30 cm). El contenido de nitratos es mayor en el primer estrato del suelo, esto coincide con lo reportado por Vázquez *et al.* (2001), ya que menciona que las condiciones de humedad, aireación y temperatura son más favorables en el primer estrato para la transformación de los nitratos mediante la mineralización.

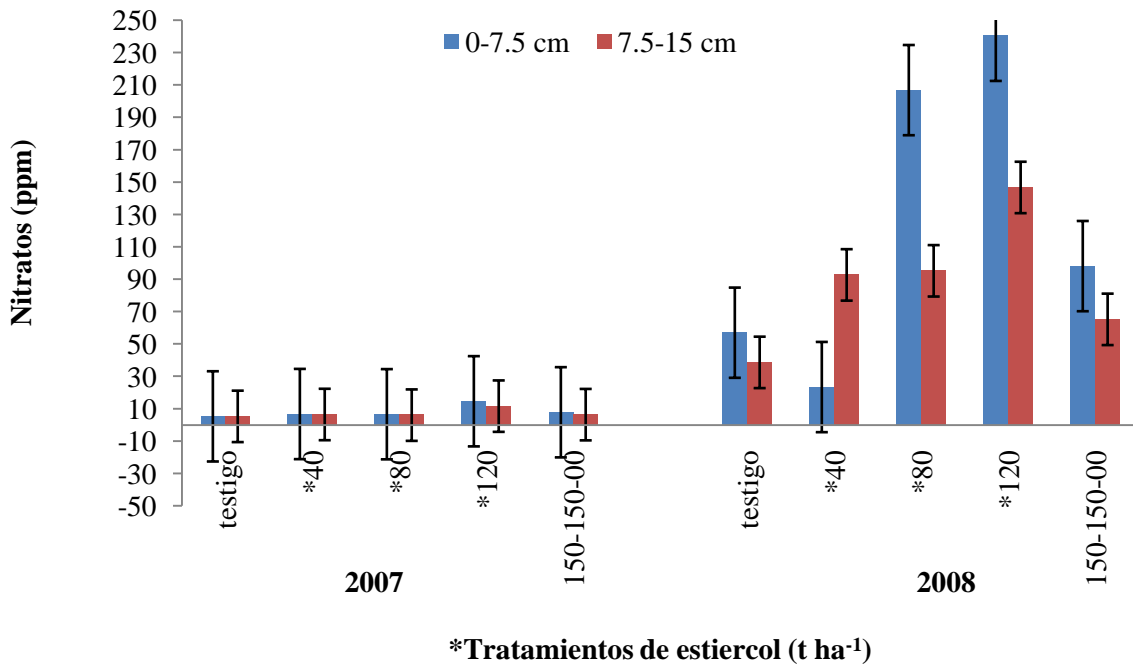


Figura 8. Contenido de Nitratos en el suelo (ppm), en dos profundidades y dos años de estudio, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED, 2007- 2008.

Amonio (NH₄). Los resultados referentes al contenido de amonio en el suelo (ppm) se pueden observar en la figura 9. La concentración de nitratos en el suelo tendió a incrementarse en el segundo año, en el estrato de 15-30 cm.

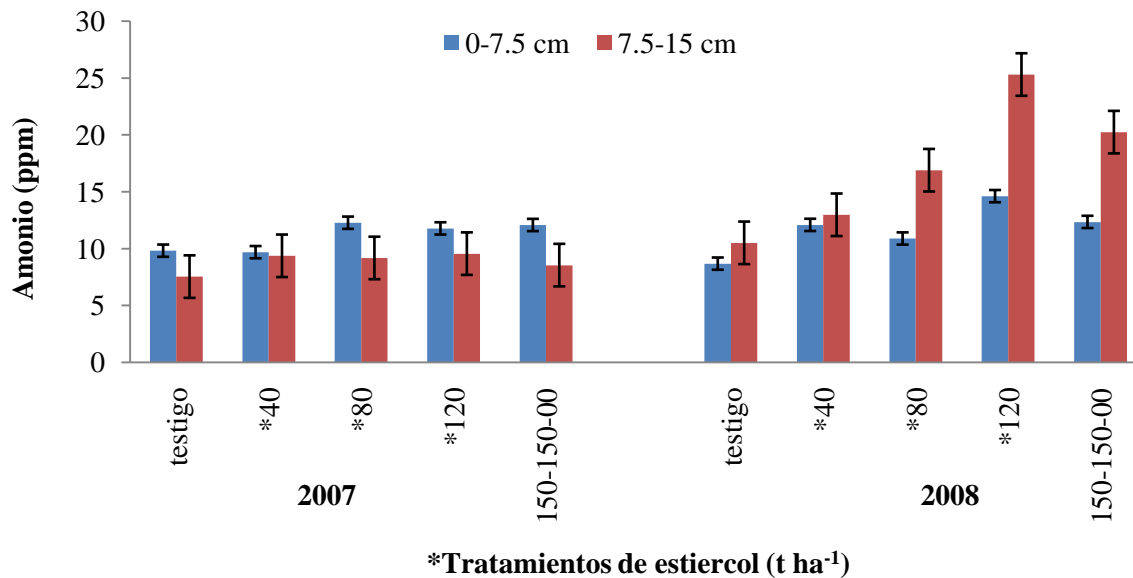


Figura 9. Contenido de Amonio NH₄ (ppm) a dos profundidades de muestreo y en dos años de estudio, de los diferentes tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED 2007-2008.

Temperatura del suelo (°C). Las temperaturas para el estrato 7.5-15 cm fluctuaron entre los 26 y 36 °C en 2007, 24.75 y 29.5°C, en 2008; estando las temperaturas registradas a lo largo del ciclo dentro de los rangos adecuados para que exista actividad microbiana (25-36°C) y para la biodegradación de la materia orgánica, según Salazar *et al.* (2007).

CONCLUSIONES

En lo referente a rendimiento de forraje verde y seco, el tratamiento que obtuvo los más altos resultados fue el de 120 t ha⁻¹

El análisis de suelo mostró resultados aceptables dentro de lo permitido para la producción de maíz; en cuanto al pH con 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado obtuvo los valores más altos, con 8.3 en 2007 y 7.4 en 2008, en MO los valores son de 2.6 en 2007 con 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado y 3.03 % de M.O en 2008 con 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado, en cuanto a conductividad eléctrica, el tratamiento de 120 ton ha⁻¹ registró los resultados más altos con 4.2 y 2.7 dS m⁻¹ de C.E. para 2007 y 2008 respectivamente, los nitratos mostraron 240 ppm de NO₃ (0-15 cm), y el amonio se movió alrededor de 12 ppm excepto en el tratamiento de 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado en 2008 que registro el valor más alto con 25.31 ppm de NH₄ (15-30 cm).

LITERATURA CITADA

- Claude, J.P. The sustainability and potential of subsurface drip irrigation 1995. Micro irrigation for a changing world: Conserving Resources/Preserving the Environment. ASAE publication 4-95.
- Figueroa V., U. 2003. Uso sustentable del suelo *in* abonos Orgánicos y Platicultura. Gómez Palacio, Durango, México. FAZ UJED. SMCS Y COCYTED.
- Figueroa V., U. 2004. Uso adecuado de estiércol permite sustituir los fertilizantes inorgánicos. El Siglo de Torreón, Agropecuaria. 22 de Febrero de 2004. Torreón, Coahuila, México.
- Fortis M., Salazar E., Orona C. I., Leos R. J., Rodríguez R. C., Montemayor T. J., García S. J., Aldaco N. R. 2007. Capítulo 1 Estadísticas de la Producción Orgánica. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. Impresos Selectos ARAC.
- Gómez Cruz, M. A., Gómez Tovar, L. y Schwentesius Rindermann, R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. Rev. Comercio Exterior. Vol. 53, No. 2. México, D.F.
- Luévano G. A., Noel E. Velázquez. 2001. Ejemplo Singular en los Agronegocios, Estiércol Vacuno: de Problema Ambiental a Excelente Recurso. Revista Mexicana de Agronegocios, Julio-Diciembre. Sociedad Mexicana de

- Administración Agropecuaria A.C. la Universidad Autónoma de la Laguna. La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Pp 306-308
- Lynd L.R., Weiner P.J., Van Zyl W.A., Pretorius I.S. 2002. Microbial cellulose utilization: Fundamentals Biotechnology. Microbiology and Molecular Biology 6.
- Mendoza, R.J.L. 2003. Manejo de Cultivos para Grano Mediante Riego por Goteo. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico Num. 18. Los Mochis, Sinaloa, México. Pp 8 y 9.
- Phene C.J., Davis K.R., Hutmacher and McCormick. 1987. Adertanges of subsurface irrigation for processing tomatoes. Acta Hortic.
- Pérez-Canedo F. 2008. El Siglo de Torreón. Produce la Región la mitad del Estiércol de Vaca en México. 29 de Julio de 2008. Torreón, Coahuila, México.
- Pérez-Gavilán P., Gustavo V. 1976. Potencial del Uso de Estiércol en la Alimentación de los Bovinos. Laboratorio de Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas. Revista Ciencia Veterinaria Vol 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Ramírez, H. 2005. Producción Sostenible De Hortalizas. *In*: Curso-Taller Introductorio Producción Sostenible De Hortalizas. Posgrado En Agronomía, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Edo. Lara. Pp. 1-51
- Reta S. D. G., Carrillo J. S., Gaytan M. H., Cueto W. J. 2002. Sistemas de Producción para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera, informe técnico. CELALA-CIRNOC.INIFAP.
- Robles P, J., Garza L, C. Taddei B, C Armenta C, A. convergencias de Mercado y Posicionamiento Competitivo del Sistema del Maíz en el Noroeste de México. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
- SAGARPA. 2000 Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2000. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza por el campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo, Durango, México.
- SAGARPA. 2001. Resumen Agrícola. Delegación de la Región Lagunera, Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural.
- SAGARPA. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2006.
- SAGARPA. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2007.
- Salazar Sosa E. 1998. Mineralización y distribución del nitrógeno a través de la zona radicular en dos sistemas de labranza bajo condiciones de campo. Terra. 16:2: 163-172.
- Salazar S. E., Vázquez V. C., y Rivera O. O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, Memorias de la XV semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED).
- Salazar S. E., Vázquez V. C., Leos R. J., Fortis H. M., Montemayor T. J. 2003. “Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial”, publicado en Phytion, Argentina.
- Salazar S.E., Montemayor T.A., Fortis H.M. 2004. Producción sustentable de maíz forrajero con aplicación de estiércol bovino bajo riego sub superficial. Desarrollo tecnológico sobre resultados de investigación. ISBN: 968-6404-86-4.

- Salazar, S.E., López, M.J., Trejo, E.H.I., Vázquez, V.C., Fortis, H.M, Zúñiga, T.R., Vital, S.J. y A.P. Mexica. 2007. Aplicación al suelo de estiércol bovino con y sin solarizar y su impacto en maíz forrajero. *In: Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad.* pp: 82-113.
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Normas. México D.F.
- Trinidad S.A, 2006. Abonos Orgánicos *in* Sistema de Agronegocios Agrícolas. Ed. Colegio de Posgraduados, SAGARPA. Pp 1:2.
- Valero, G.J. 2007. Agricultura Orgánica Generalidades en México. Campo experimental “El Verdineño”, INIFAP, Nayarit, México. RNIAF, Memorias 2007.
- Vázquez, V.C., Salazar, S.E., Cueto, W.J.A, Fortis, H.M. y A.H. Beltrán. 2001. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera bajo tres sistemas de labranza. Avances de investigación agropecuaria. FAZ-UJED. Venecia, Durango, México.
- Vázquez, V.C., Reyes, O.M., Salazar, S.E., Figueroa, V.R., López, M.J., Orona, C.I., Zúñiga, T.R., F. Jiménez. 2008. Solarización del estiércol de bovino para producción de abono orgánico inocuo en la Comarca Lagunera. Agricultura Orgánica, Revista AgroFaz. Volumen 8, numero 2.
- Wade, M. K. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the amazon basin. Agron. J.
- Willer, Helga and Minou Youssefi. 2006. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2006. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn Germany & Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland.

Capítulo XIII

ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO EN *Capsicum annum* L. INOCULADAS CON *Azospirillum halopraeferens*

Edgar O. Rueda-Puente^{1‡}, Jaime Ricardo Ortega Clavero¹, Mario A. Tarazón Herrera¹, Enrique Troyo Diéguez², Bernardo Murillo Amador², José Luis García Hernandez³, Félix Alfredo Beltrán Morales⁴ y Francisco Higinio Ruíz Espinoza⁴

¹ Administración Agropecuaria, Universidad de Sonora, carretera internacional y avenida 16 de Septiembre S/N, Santa Ana, Sonora, México. C.P. 84600. ² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apartado Postal 128, 23090 La Paz, Baja California Sur, México. ³ Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Constitución 404 Sur. Zona Centro. 34000 Durango, Durango, México. ⁴ Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México. ‡ Autor responsable (erueda04@santana.uson.mx)

RESUMEN

El estado de Sonora, se caracteriza por ser una de las principales zonas productoras de chile; para su producción se utilizan diferentes fertilizantes. Sin embargo, altas cantidades de fertilizantes químicos agravan el problema de la salinidad. Una alternativa de solución, es la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP), las cuales tienen la capacidad de beneficiar a las plantas. Por lo anterior descrito, el objetivo de la presente investigación consistió en: evaluar el efecto de BPCP, *Azospirillum halopraeferens* (Ah) en la germinación y producción de plántula de *Capsicum annuum* L, de las variedades Arizona 20 y Joe Parker, evaluando tasa de emergencia (%), porcentaje de emergencia (%), altura de plántula (cm), diámetro de tallo (mm), longitud radicular (cm), peso fresco y peso seco de la planta (g), peso fresco y seco del sistema radicular (g).

Los resultados indican que la variedad Arizona al ser inoculada con la bacteria Ah mostró valores significativos en las variables: tasa de emergencia y porcentaje de emergencia, en comparación con la variedad Joe Parker y sus respectivos controles sin inocular. Asimismo, se observó que la variedad Arizona inoculada y el control sin inocular, mostraron resultados significativos en las variables altura

de planta, longitud radicular, peso seco y fresco de raíz, en comparación de la variedad Joe Parker inoculada con la bacteria en estudio y su respectivo control. Es importante desarrollar más investigación en las diferentes etapas fenológicas del cultivo considerando la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento de plantas.

Palabras clave: *Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), biofertilizantes, ecología de suelo.*

SUMMARY

Sonora state, it is characterized for being one of the main zones of chili; for its production is usually applied different fertilizer. However, the amounts of chemical fertilizers worsening the problem of the salinity. An alternative of solution, is the application of plant growth promoting bacteria (PGPB). According to the above described, the objective of the present research consisted in: a) to evaluate the effect of plant growth promoting bacteria (PGPB) *Azospirillum halopraeferens* (Ah) in the germination and production of seedling of *Capsicumm annuum* L, in two varieties (Arizona 20 and Joe Parker), evaluating rate of emergency (%), and percentage of emergency (%), and height of seedling (cm), and diameter of stem (mm), and root length (cm), and fresh and dry weight of the seedling (g), and fresh and dry weight of rot system (g).

The results showed that Arizona variety with the inoculation with Ah, showed highly significant values in rate of emergency (%) and percentage of emergency (%) variables, in relation with Joe Parker variety and its respective controls with out bacterium in study. Also was showed that Arizona variety (control and inoculated) showed highly significant values in height of seedling (cm), and root length (cm), and fresh and dry weight of rot system (g) in relation with Joe Parker variety inoculated with *A. halopraeferens* and respective control. Is important to fit and mention more investigation in all stages of the chile crop, considering the inoculation of plant growth promoting bacteria.

Index words: *Plant growth-promoting bacteria (PGPB), biofertilizer, soil ecology.*

INTRODUCCIÓN

Origen e historia del chile verde

El chile o ají *Capsicum annum* L., también llamado pimentón existe en gran variedad de formas, colores y sabores; es una hortaliza muy importante por su valor nutritivo y por su gran popularidad en la alimentación en México, Perú y en cierto grado, en muchos otros países de Sudamérica. Después del tomate y la papa, el chile es la solanácea comestible más importante y como condimento. El chile es originario de América tropical, donde ha sido cultivado desde épocas muy remotas. Después del descubrimiento de América su cultivo se difundió rápidamente por todo el mundo (Cásseres, 1980). Fersini (1984), por otra parte, menciona que el chile es originario de las regiones meridionales de Norteamérica (México), de Perú y otros países americanos.

Características botánicas

Todas las formas de pimiento, chile o ají utilizadas pertenecen al género *Capsicum*. El nombre científico del género deriva del griego: según unos autores de *Kapso* (picar) y según otros de *Kapsakes* (cápsula). Este género se incluye en la extensa familia de las solanáceas, cuya clasificación botánica a continuación se indica.

REINO	Plantae	ORDEN	Solanales
DIVISION	Spermatophyta	FAMILIA	Solanaceae
SUBDIVISION	Angiospermae	GENERO	<i>Capsicum</i>
CLASE	Dicotyledoneae	ESPECIE	<i>annum</i>
SUBCLASE	Metachlamideae		

Actualmente se considera que esta familia está formada alrededor de 90 géneros, los cuales se encuentran divididos en dos subfamilias: *Solanoideae* y *Cestroideae*. La diferencia entre estas dos subfamilias se basa en diferentes modelos de desarrollo del embrión. En *Solanoideae*, el embrión está enrollado y es de un diámetro más o menos uniforme. En las *Cestroideae*, el embrión es típicamente recto o ligeramente curvo.

Además, un gran número de diferencias morfológicas, químicas y citogenéticas acompaña esta división básica. El género *Capsicum* pertenece a la tribu más grande de la subfamilia *Solanoideae*. Esta tribu contiene alrededor de 1,250 especies encuadradas en 18 géneros: entre ellos, aparte de *Capsicum*, hay otros géneros en los que se incluyen especies cultivadas muy importantes como: *Solanum*, *Lycopersicon*, *Cyphomandra*, *Physalis*, etc. (Hunziker, 1979, citado por Nuez, 1996).

En las últimas décadas, se ha efectuado un esfuerzo intenso para esclarecer la taxonomía de las especies de *Capsicum* utilizadas por el hombre. Al análisis morfológico tradicional se han incorporado métodos de análisis multivariado (taxonomía numérica), variabilidad isozímica y de flavonoides, análisis citogenético, así como nuevos datos relativos a las áreas de distribución. Sin embargo, los resultados son complejos e incluso a veces contradictorios.

La especie *Capsicum annum* L., presenta flores solitarias en cada nudo (ocasionalmente fasciculadas), pedicelos a menudo pendientes en la antesis. La corola es blanca lechosa (ocasionalmente púrpura), sin manchas difusas en la base de los pétalos; y de forma usualmente rectos. El cáliz de los frutos maduros es sin constricción anular en la unión con el pedicelo (aunque a veces irregularmente rugoso); venas a menudo prolongadas en dientes cortos. La carne del fruto es usualmente firme (blanda en ciertos cultivares). Las semillas son de color paja y el número cromosómico es $2n=24$, con dos pares de cromosomas acrocéntricos (Nuez, 1996).

El cultivo del pimiento se ha hecho universal, estando presente casi en su totalidad de las zonas templadas y cálidas del mundo. Las superficies dedicadas al cultivo de los distintos tipos de variedades, varía considerablemente en cada país en función de los usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc., dominando en los países Africanos y Asiáticos los tipos picantes; en los países de Europa Occidental figuran los de tipo dulce, en los de Europa Oriental tienen gran importancia los de tipo *páprika* y en América se prefiere de manera indistinta tanto los picantes como los dulces. La productividad varía considerablemente con el tipo, siendo mucho mayor para los dulces

que para los picantes, las estadísticas promedio relativas al rendimiento tienen escaso valor (Nuez, 1996).

Su principal valor nutritivo lo constituye el alto contenido de vitamina C, aunque también contiene otras propiedades vitamínicas (cuadro 1). Un fruto maduro contiene de 150 a 180 mg/100g de vitamina C de muestra fresca en comparación con los 20 a 25 mg de vitamina C por 100 g del fruto de tomate. Los frutos rojos tienen un alto contenido de vitamina A o caroteno. Este contenido de vitaminas y principalmente su sabor agradable y estimulante, ya sea en variedades dulces o picantes, hacen que esta hortaliza sea un ingrediente valioso y casi esencial en la preparación de alimentos en muchos países del mundo. Como condimento, el chile picante se usa en muchas formas: picado, fresco en salsas, en rajas o tajadas, guisado con carnes o con vegetales y en curtidos. También hay chiles que se deshidratan enteros y hay otros especiales que se muelen y se mezclan en la preparación de diversos condimentos (Cásseres, 1980).

A continuación en los cuadros 1 y 2, se muestra el contenido de vitaminas del chile verde (*Capsicum annum* L.) y el área cultivada y producción a nivel mundial de las principales hortalizas.

Cuadro 1. Contenido de vitaminas del chile verde (*Capsicum annum* L.).

Vitamina	Contenido mg/100 g de fruto	Vitamina	Contenido mg/100 g de fruto
Vitamina A (IU)	530	Niacina (mg)	0.55
Tiamina (mg)	0.09	Ácido Ascórbico (mg)	128
Riboflavina (mg)	0.05	Vitamina B12 (mg)	0.16

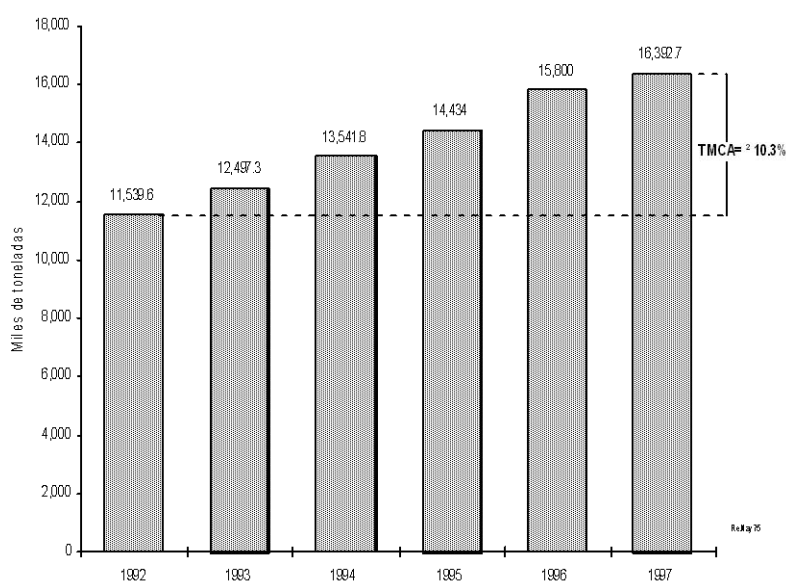
Importancia económica

Según cifras registradas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1991), en cuanto a superficie cultivada, el cultivo del chile verde ocupa el quinto lugar entre las hortalizas y el octavo en cuanto a producción total (cuadro 2).

Cuadro 2. Área cultivada y producción a nivel mundial de las principales hortalizas (Anuario FAO, 1991).

Hortaliza	Área Cultivada (1,000 ha)	Producción (1,000 t)
Tomate	2,833	69,146
Cebolla	1,886	27,977
Sandía	1,875	28,943
Coles	1,683	36,649
Chile Verde	1,107	9,145
Pepino	920	13,619
Guisante verde	798	4,856
Melón	717	12,182
Calabazas	676	7,933
Zanahoria	613	13,511

Las estadísticas de la FAO (1998), indican que la producción mundial de chile se ha incrementado de forma gradual durante los últimos seis años, como se puede apreciar en la Figura 1.



Fuente: FAO, 1998

Figura 1. Crecimiento gradual de la producción mundial de chile *Capsicum annum* (L.)

Los principales países productores de chile son China, México, Turquía, Nigeria y España (Figura 2), y dentro de los estados líderes en México, Chihuahua ocupa el primer lugar de productividad en el cultivo del chile verde (Figura 3).

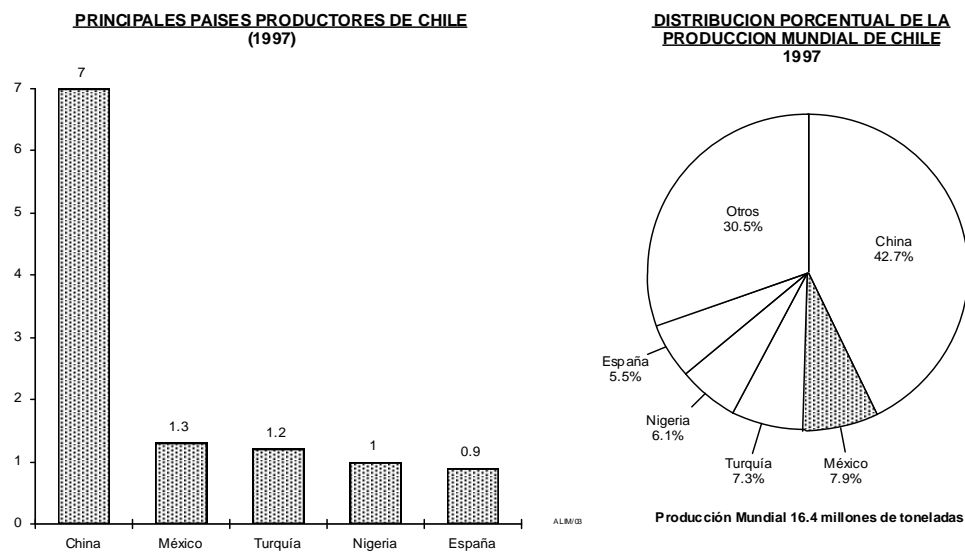
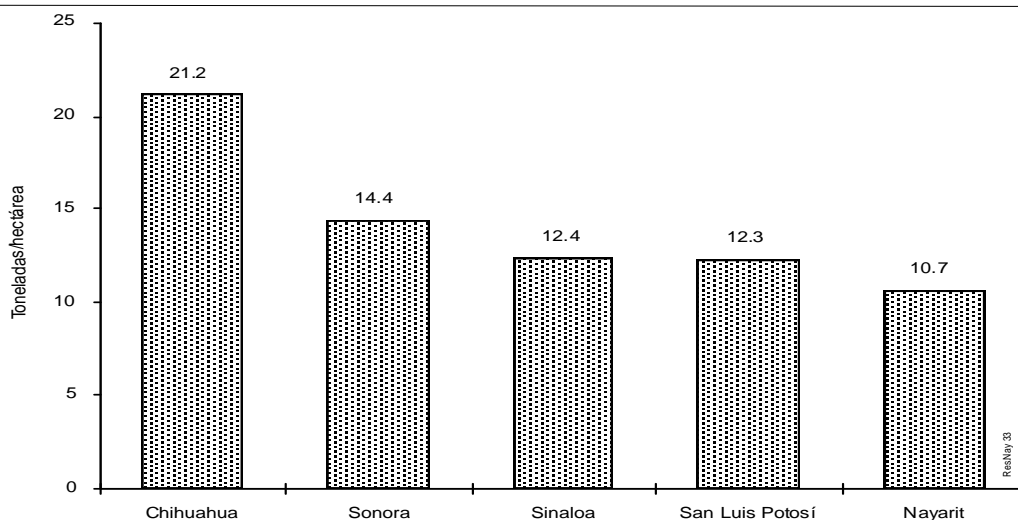


Figura 2. Principales países productores de chile, y su distribución porcentual de la producción mundial. Fuente: FAO, 1998.

En el Estado de Sonora, durante el subciclo otoño-invierno de 1995 – 1996 se establecieron 3,262 ha de chile verde, de las cuales se cosecharon 555 ha, con un rendimiento de 13.8 ton/ha, y un volumen de producción de 7,657 toneladas, con el resto se obtuvieron rendimientos inferiores a las 13 ton/ha. La región del Mayo fue la zona productora más importante, específicamente en el municipio de Huatabampo y recientemente con los datos prometedores anteriormente citados, en el Valle del Yaqui se ha incrementado su preferencia para cultivarlo.



Fuente: Anuario estadístico de la producción agrícola de los EUM, SAGAR, (1996).

Figura 3. Rendimiento de chile verde en los principales estados productores en México.

Entre las regiones donde se cultiva el chile a pequeña escala están Guaymas (chile verde), la región de Magdalena de Kino (chile verde) y la costa de Hermosillo (tipo jalapeño). Los meses en que se exportan los distintos tipos de chile son: la variedad Anaheim en los meses de noviembre a julio, la variedad Bell pepper en los meses de noviembre a agosto, mientras que las variedades Caribe, Serrano y Jalapeño en el periodo de octubre a julio (Avilés, 1995).

Adaptación ecológica

Entre los requerimientos climáticos del chile verde está la temperatura del medio ambiente, esta bien determinado que el cultivo se adapta a altas temperaturas. Sin embargo, temperaturas superiores a los 35 °C, pueden producir el aborto de flores (Castaños, 1993). Por otra parte, la temperatura media mensual que debe presentarse para conseguir una cosecha abundante de este cultivo tiene que ser entre 18 a 22 °C; con temperaturas más bajas, el desarrollo de la planta se ve disminuido. El pimiento requiere más humedad en un ambiente bajo condiciones de invernadero; la humedad relativa óptima está comprendida entre 50 y 70 %. Es muy exigente en luminosidad durante todo su ciclo, principalmente en la floración (Serrano, 1979).

Considerando los tipos de suelos, Castaños (1993) recomienda que para cultivar chile, se requieren aquellos suelos profundos, bien drenados, de textura limoso-arenosa o arenosa, aunque también se han reportado buenos rendimientos en suelos pesados.

Serrano (1979) menciona que los suelos arcillosos no son convenientes para una buena producción de chile verde, recomendando los de textura arenosa-limosa. En los invernaderos cuyo suelo presenta proporciones altas de arena, el pimiento se puede cultivar con buenos rendimientos hasta el tercer año después de haber hecho la operación del retranqueo. El pimiento, en suelos que retengan bastante humedad, puede tener problemas en el establecimiento del cultivo, ya que puede sufrir pérdidas de plantas por asfixia de raíces y desarrollo de enfermedades. El pH óptimo de este cultivo varía entre 6.5 y 7, aunque en terrenos arenosos, la planta se desarrolla adecuadamente a un pH entre 7 y 8. Es más resistente a la salinidad del suelo que otros cultivos como el tomate; en suelos salinos la planta se desarrolla poco y los frutos son más pequeños que el tamaño normal.

Agricultura Orgánica

Como resultado del incremento de las posibilidades de que los productos vegetales destinados al consumo humano, pudieran estar contaminados con residuos tóxicos de agroquímicos, en algunas partes del mundo, sobre todo en Estados Unidos de Norte América, y países europeos como Francia, Inglaterra y Alemania, se está desarrollando con fuerza lo que se ha denominado horticultura orgánica, en la que, los alimentos o cultivos que se producen bajo este sistema, no reciben aplicaciones de agroquímicos, sean fertilizantes, insecticidas, funguicidas o herbicidas.

El concepto del manejo de productos naturales y materia orgánica en la agricultura, es tan viejo como la agricultura misma y como consecuencia, hace casi 100 años apareció la horticultura orgánica, que a medida que se fue desarrollando, se estableció como un sistema con prácticas bien definidas (Castaños, 1993).

Lampkin (1990) indica que los cultivos orgánicos tuvieron una nueva perspectiva durante los 80s, no sólo en Inglaterra sino alrededor del mundo. Los problemas de sobre-producción en los países industrializados, y una baja producción en países en vías de desarrollo, además del impacto de la agricultura al medio ambiente, ha concentrado las mentalidades y ha traído una nueva forma de ver los logros obtenidos a partir de 1945. Hay varios problemas que se generan cuando se da una explicación o definición de cultivos orgánicos. Primeramente, hay varios conceptos erróneos acerca de este tópico que tiende a una visión llena de prejuicios y desvía la atención de los temas principales. En segundo lugar, la nomenclatura varía en diferentes partes del mundo, causando una confusión al observador sin conocimiento previo. En tercer lugar, existen muchos practicantes que creen que la agricultura orgánica exitosa involucra comprensión conceptual tanto como el empleo de técnicas prácticas específicas (Lampkin, 1990).

La base sustancial de esta forma de producción, radicaba preferentemente en el uso de compostas y fertilizantes de origen vegetal. Inicialmente esta tecnología se utilizó sólo en escala familiar para la producción de alimentos de autoconsumo. Posteriormente se fue popularizando hasta convertirse en una actividad económica, cuya importancia crece al paso del tiempo.

Recientemente, en las dos últimas décadas, con la relevancia que a nivel mundial han adquirido los conceptos ecologistas de preservación del medio ambiente y protección de la salud humana, esta práctica agronómica está adquiriendo aún más importancia, creándose a su abrigo, toda una cultura de consumo de alimentos y una productiva industria de comercialización de agro-insumos orgánicos. En México ya existen compañías que se responsabilizan de verificar y certificar la producción de alimentos cosechados bajo tal procedimiento (Castaños, 1993).

Los abonos orgánicos son usados en cantidades elevadas; por la materia orgánica que aportan al suelo, le confieren una decisiva mejora físico-química, que se traduce en hacer el suelo más blando y en aumentar su poder de retener agua, haciendo menos frecuentes los daños por escasez de precipitaciones. Lo anterior, porque el humus impide la formación de costra superficial en los terrenos arcillosos, facilita la penetración del agua de lluvia, reduce la evaporación superficial y permite la conservación de la humedad por la presencia de coloides orgánicos. En efecto, el humus está formado por partículas finísimas por lo cual es parte de la materia coloidal del terreno, o sea de los coloides orgánicos que tienen características análogas a los minerales, propios de los terrenos arcillosos (Través, 1984).

Biofertilizantes: el género *Azospirillum*

Aún cuando *Spirillum lipoferum* fue descrito en 1925 por Beijerinck, esta bacteria estuvo olvidada por varias décadas. Son las observaciones de Peña-Cabriales y Döbereiner en 1973, las que iniciarían la época moderna de esta bacteria. Estudios taxonómicos de *S. lipoferum* (Bashan y Holguin, 1997ab; De Troch y Vaderleyden, 1996; Baldani y Döbereiner, 1980) condujeron a su reclasificación en un género nuevo, *Azospirillum*.

Actualmente son reconocidas seis especies en el género *Azospirillum*. Las dos primeras en ser descritas fueron *A. lipoferum* y *A. brasilense* (Bashan *et al.*, 2002; Das, 1999; Conrad *et al.*, 1992), siendo éstas las más ampliamente estudiadas. Posteriormente fueron descritas las especies *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile*.

Pocos años después del redescubrimiento de *Azospirillum* y hasta alrededor de 1993, este género fue el más estudiado entre las bacterias asociadas a plantas. La capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas y de aumentar el rendimiento de los cereales promovió numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria. En la actualidad su uso comercial comienza a extenderse en diferentes países, incluido México (Puente *et al.*, 1999).

Aislamiento

El aislamiento de las bacterias del género *Azospirillum* resulta en lo general muy simple, ya sea a partir de suelo rizosférico o de la superficie de las raíces (rizoplaneo) de numerosas plantas hospederas. También se le aísla del interior de las raíces o tallos de algunas plantas. El medio de cultivo usado por excelencia para el enriquecimiento de las especies de *Azospirillum* ha sido el NFb semigelificado "libre" de nitrógeno y con malato como fuente de carbono (Rennie, 1981). No obstante, en este medio de cultivo son aisladas predominantemente cepas de las especies *A. lipoferum* y *A. brasilense*. El medio NFb con algunas modificaciones en su composición y pH permiten el aislamiento predominante de otras especies de *Azospirillum*. Estos medios son usados frecuentemente para evaluar la actividad reductora de acetileno, como indicativo de la fijación de nitrógeno.

El cultivo puro se logra en diferentes medios de laboratorio, siendo muy comúnmente usado un medio adicionado del colorante rojo Congo, en el cual *A. lipoferum* y *A. brasilense* toman un color rojo escarlata que permite la diferenciación de otros géneros bacterianos. Aun cuando el medio denominado BLCR fue diseñado para mejorar el aislamiento de cepas de *Azospirillum brasilense*, su uso no fue aceptado por haberse demostrado que no era apropiado para el estudio de poblaciones naturales de esta bacteria. Posteriormente se observó que la concentración de estreptomicina usada (200 mg/litro) en el medio BLRC era inhibitoria del crecimiento de un gran número de cepas (Magalhaes *et al.*, 1983).

Además de los medios y métodos descritos, también existen reportados algunos medios de cultivo y métodos para el crecimiento de *Azospirillum* en cultivo puro y en asociación con plantas, así como para su conservación (Castellanos, 1998).

Identificación

El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias, siendo *A. lipoferum* la especie tipo. Características útiles en la identificación rutinaria son la forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral. Las células contienen cantidades elevadas de poli-β-hidroxibutirato (PHB), hasta 50% del peso seco celular, observándose al microscopio las células jóvenes con abundantes gránulos

refringentes. En cultivos semigelificados y gelificados con más de 24 h de incubación se presentan frecuentemente células refringentes con forma ovoide y de paredes gruesas similares a quistes. Una de las características fenotípicas más ampliamente usada como criterio para el reconocimiento tentativo del género *Azospirillum* es el color rojo escarlata que toman las colonias (Fig. 4) al crecer en un medio adicionado del colorante rojo Congo. No obstante, en este medio pueden hallarse colonias mutantes de *Azospirillum* de color blanco debido a la incapacidad de producir polisacáridos no identificados (Jena y Rao, 1992; Jiménez *et al.*, 2001).

Diversas pruebas bioquímicas y fisiológicas son utilizadas rutinariamente para el reconocimiento de las especies de *Azospirillum*. Algunas características fenotípicas que contribuyen a diferenciar las especies de *Azospirillum* a nivel género se logra evaluando la capacidad de usar diversos aminoácidos y su efecto sobre la fijación de nitrógeno, recomendándose el uso de la histidina para la caracterización y aislamiento selectivo de la especie *A. lipoferum* (Itai y Vaadia, 1968; Holguin y Bashan, 1996; Okon y Labandera, 1994; Holguin *et al.*, 1992).

En forma complementaria para la identificación fenotípica de las especies de *Azospirillum* pueden ser usadas diversas técnicas inmunológicas. El uso de la técnica de ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) permite la identificación y numeración específica de cepas de *Azospirillum*, como fue demostrado con la cepa Cd de *A. brasilense* permitiendo evaluar la capacidad de colonización de esta cepa en plantas inoculadas (Bredha *et al.*, 1994).

Distribución

El género *Azospirillum*, muestra una muy amplia distribución geográfica alrededor del mundo. Aún cuando son más abundantes en las regiones tropicales, también se les encuentra en las regiones templadas, frías y desérticas. En las regiones templadas del sur de Brasil, los Estados Unidos y Kenia la presencia de *Azospirillum* es menor al 10% en las muestras analizadas (Drozdowiez y Ferreira, 1987).

El pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies del género *Azospirillum*. Las especies de *A. brasilense* y *A. lipoferum* se encuentran en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad, aún cuando a pH abajo de 5 se les encuentra en forma esporádica y no lográndose su aislamiento de suelos con pH menor a 4.5. Un estudio en el que se evaluaron 23 tipos de suelos con características diferentes mostró que algunos factores abióticos tales como porcentaje de arcilla, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua y contenido de nitrógeno afectan positivamente la sobrevivencia de *A. brasilense*, en tanto que el tamaño de las partículas de arena y especialmente la alta concentración de carbonato de calcio afectan negativamente la sobrevivencia de

esta especie en ausencia de plantas. No obstante, la sobrevivencia de *A. brasilense* en la rizosfera es independiente de la aridez del suelo (Puente y Bashan, 1993).

Experimentos de inoculación

Considerando la capacidad de *Azospirillum* para asociarse con plantas de interés agrícola, así como su capacidad para fijar N₂ en medios de cultivo, se diseñaron numerosos experimentos para evaluar el efecto de la inoculación sobre el crecimiento de las plantas. No existen reportes que indiquen efectos patogénicos en las plantas causadas por la inoculación de *Azospirillum*. El único reporte existente en esta dirección indica que ninguna de las especies de *Azospirillum* causa síntomas visibles de enfermedad sobre la raíz o las hojas de plantas de trigo, algodón o tomate (Nahidh y Hakeem, 1991; Isopi, *et al.*, 1995). Con la inoculación de *Azospirillum* se observó frecuentemente un mayor desarrollo del sistema radical, el cual se traduce en mayor superficie de absorción de nutrientes, así como en mayor desarrollo de la parte aérea de las plantas. También fueron observados incrementos en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales en las plantas inoculadas. Principalmente con *A. brasilense* y *A. lipoferum* se llevaron a cabo gran cantidad de experimentos en muchos países para evaluar su efecto sobre el rendimiento de los cultivos. Una amplia revisión sobre los resultados de los experimentos desarrollados entre los años 1974-1994 fue realizada por Okon y Labandera. Esta evaluación reveló que el éxito de la inoculación fue en el rango del 60 al 70% de los experimentos realizados en suelos y regiones climáticas diferentes, con incrementos significativos, generalmente en el rango de 5 a 30%, en el rendimiento de los cultivos (Arsac *et al.*, 1990; Negi *et al.*, 1991; Kloepper y Bakker, 1992; Okon y Labandera, 1994).

Mecanismos de estimulación del crecimiento de las plantas

La capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas ha sido demostrada en decenas de experimentos, tanto de campo como de invernadero. Varios son los mecanismos que se han sugerido como responsables del efecto estimulador observado en las plantas inoculadas. En numerosos estudios de inoculación con *Azospirillum*, además del mejor crecimiento de las plantas, fueron observados incrementos en el contenido de nitrógeno total de las plantas inoculadas respecto a las testigo (Kapulnik *et al.*, 1981).

Recientemente ha sido revisada la función de las fitohormonas en las asociaciones planta-microorganismo. *Azospirillum* tiene la capacidad de producir auxinas, citocininas y giberelinas en medios de cultivo. No obstante, el mecanismo analizado con mayor amplitud ha sido la producción de

auxinas, especialmente la del ácido indol acético (AIA). El AIA producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Tien *et al.*, 1979).

A pesar de que existe la tendencia de atribuir a las fitohormonas, especialmente al AIA, los efectos benéficos de la inoculación con *Azospirillum*, también existe la propuesta de que tales beneficios son el resultado de diversos mecanismos. Se han sugerido otros mecanismos como responsables de los efectos estimulatorios causados por la inoculación de *Azospirillum* y algunos de éstos han sido revisados por Bashan y Holguin (Ladha *et al.*, 1983; Kozyrovskaya *et al.*, 1990).

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en los invernaderos, ubicados en el municipio de Imuris, en el km. 5 de la carretera Imuris – Cananea, al norte del estado de Sonora; durante el ciclo otoño-invierno de 2005. El sitio de estudio se encuentra en el paralelo 30° 47' de Latitud Norte, 110° 52' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una elevación de 840 m.s.n.m. (INEGI, 2000).

Instalaciones y equipo. El invernadero cuenta con 9 naves con una superficie de 400 m² cada una (10 m de ancho por 40 m de largo), sumando un total de 3.6 ha., de las cuales se tomó una nave y se acondicionaron 100 m² (10 x 10 m), con la finalidad de facilitar el mantenimiento del ambiente acondicionado. La estructura es de perfil tubular de 2 pulgadas, el techo de lámina transparente y los lados de hule transparente, en donde existen mesas de alambre galvanizado a una altura de 75 cm del suelo, que corren a lo largo del invernadero. En medio de 2 naves se tiene un tanque para almacenamiento de agua con capacidad de 2,000 l, con una bomba hidroneumática, para tener presión en las líneas de agua, necesaria para los riegos; también en la misma parte se encuentra un calentón de gas marca L. B. White, modelo 408 G-4, necesario para amortiguar las bajas temperaturas.

Charolas. Se utilizaron charolas usadas de poliuretano con 288 orificios cada una (12 por 24), tipo Hortiblock 288/20 ml., previamente desinfectadas con una solución clorada (5 %) y posteriormente lavadas con agua corriente. Se utilizó sustrato comercial de la marca SOGEMIX PGM, de origen Canadiense, el necesario para llenar las charolas.

Bacteria promotora del crecimiento de plantas. Se trabajó con la bacteria *Azospirillum halopraeferens* la cual fue facilitada por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), ubicado en La Paz Baja California, y que fue almacenada en la Universidad de Sonora,

Campus Santa Ana, en ambiente controlado a una temperatura de 4 ° C, para el crecimiento de la bacteria *A. halopraeferens* se realizó haciendo uso de cultivo microbiano sin fuente de nitrógeno denominado “Renie” (Rennie, 1981). Al cabo de 14 hrs, se desarrolló un ajuste de números de bacterias/ ml. Este ensayo se llevó a cabo con la finalidad de precisar la concentración de bacterias presentes en el cultivo microbiano que va a ser utilizado en la realización del experimento, y para esto, en una celda de 1 ml para espectrofómeto se adicionó el citado volumen de la suspensión y se tomó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 540 NM en un espectrofotómetro (espectro master FISHER SCIENTIFIC 415), ajustando previamente con el blanco y se diluyó la suspensión celular hasta obtener una concentración de 1×10^8 células / ml que corresponde a una absorbancia de 1.05 unidades.

Semilla. En el estudio, se evaluaron dos variedades de chile verde (Arizona 20 y Joe Parker), mismas que fueron proporcionadas por un productor; ambas variedades fueron cultivadas de manera extensiva en el ciclo primavera – verano de 2005. Debido a que la semilla presentaba un tratamiento con funguicida, fueron lavadas por espacio de una hora al chorro de agua corriente. Posteriormente se procedió a inocular la bacteria. Se aplicó un diseño estadístico completamente al azar, con dos factores: factor A: variedades (se usaron dos, Arizona 20 y Joe Parker) y factor B: con y sin la inoculación de *A. halopraeferens*. Cuatro repeticiones de 16 semillas fueron consideradas por tratamiento, originándose 256 unidades experimentales.

Método de Inoculación de la semilla. Para el tratamiento de inocular ambas variedades, se desarrolló la tecnología siguiente: se prepararon matraces de 500 ml con medio de cultivo bacteriano. A cada uno de ellos, se adicionaron las semillas de los tratamientos correspondientes y se sometieron al vacío a 600 mm Hg por 5 m. Después de este tiempo, las semillas inoculadas por infiltración con *Azospirillum halopraeferens* fueron sembradas en las charolas. Aquellos tratamientos que no fueron inoculados con la bacteria, también fueron sometidos al mismo proceso de vacío utilizándose únicamente agua destilada estéril.

Siembra. Una vez efectuado el proceso citado, se procedió a la siembra. El día 15 de octubre de 2005, dió inicio la siembra haciendo uso de las charolas de poliuretano y del sustrato, se depositó una semilla por celda a una profundidad de 5 mm; se utilizó un sustrato tipo "peat moss" (Sunshine, Sun Gro Horticulture Canada, Ltd.), posteriormente fueron apiladas por espacio de seis días con el fin de mantener mayor calor; después se distribuyeron todas las charolas, para el inicio de emergencia de las plántulas. Se mantuvo el invernadero a una temperatura constante de 28 °C y una humedad relativa de

85 % durante los primeros 10 días. Después, se redujo el invernadero a una temperatura de 18 °C, cuidando la suficiente ventilación para evitar proliferación de hongos. Los riegos se aplicaron a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde, diariamente. Al cabo de diez días se aplicó una dosis del fertilizante 10-50-10, en dosis de 10 gr diluidos en 2 l. de agua, posteriormente cada diez días se continuo con la fertilización pero con triple 20 (20-20-20), en la misma dosis anterior. El riego efectuado de manera diaria, fue utilizando agua proveniente de la presa “El Comaquito”, mediante canal de concreto abierto. El agua fue bombeada y depositada en tinacos de almacenamiento de 2000 l, los cuales son parte integral del sistema de producción del invernadero utilizado, así mismo esta fue rebombada a cada una de las charolas experimentales. El desarrollo experimental en invernadero finalizó el día 15 de diciembre de 2005.

Variables evaluadas. Las variables de estudio fueron: tasa de emergencia (%), porcentaje de emergencia (%), altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), longitud radicular (cm), peso fresco de la planta (g), peso seco de la planta (g), peso fresco de la raíz (g) y peso seco de la raíz (g). El análisis estadístico comprendió un diseño experimental completamente al azar, se realizaron análisis de varianza del porcentaje y tasa de emergencia, transformando previamente los valores porcentuales con arcoseno (Snedecor, 1956; Sokal y Rohfl, 1988). La tasa de emergencia, que es la suma de semillas emergidas en un tiempo, fue contabilizada cada tres días. La tasa de emergencia, también fue analizada. La diferencia mínima significativa entre las medias de los tratamientos, de las variables estudiadas (Porciento y tasa de emergencia, altura, longitud radicular, diámetro del tallo, peso fresco de plántula, peso seco de plántula), fueron evaluadas mediante la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05%. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico de cómputo SAS (SAS, 2001). Para cada una de las variables se consideraron 10 plantas por repetición al azar.

Para medir la altura de planta y longitud radicular, fue necesario utilizar una regla de 30 cm. tipo escolar; para el diámetro de tallo se utilizo un vernier; para pesar las muestras frescas (peso fresco de planta y sistema radicular), se utilizó una balanza granataria de tres brazos del tipo UHAUS modelo 750-SW, y para pesar las muestras secas se utilizó una balanza electrónica marca Mettler Toledo.

Una vez evaluadas las muestras frescas, se llevaron al laboratorio pecuario de la Universidad de Sonora Campus Santa Ana, donde se sometieron a calor en la estufa marca VWR-serie 1600, depositándose en platos de frigolit con la finalidad de facilitar el manejo de las plantas; las mismas que se mantuvieron a una temperatura de 45 ° C por espacio de 24 hrs. Al cabo del periodo experimental, se pesaron y se registraron los pesos frescos y secos, con el propósito de obtener el peso de las plantas y raices.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de emergencia. Se puede apreciar en la figura 4, que la variedad Arizona 20 presentó el mayor porcentaje promedio de emergencia en plántulas, tanto en el tratamiento control (24.07 %) como en el tratamiento inoculado con la bacteria *Azospirillum halopraeferens* (24.88 % con $P<0.005$), comparada con la variedad Joe Parker, donde el tratamiento control presentó 23.77 % y el tratamiento inoculado con la bacteria 24 %, encontrando los mayores promedios en las variedades inoculadas, en ambas variedades de chile verde.

Se encontró una diferencia significativa en la variedad Arizona 20, como respuesta a la inoculación de *Azospirillum halopraeferens*. Sin embargo, no hubo un efecto significativo con respecto a la inoculación en la variedad Joe Parker. Se puede concluir que la variedad Arizona 20, tiene mejor respuesta en la variable tasa de emergencia a la inoculación de *A. halopraeferens* que la variedad Joe Parker.

Porcentaje de emergencia

En la figura 5, nuevamente se puede observar que la variedad Arizona 20 inoculada con la bacteria *A. halopraeferens* fue la que presentó significancia con $P<0.005$ en el porcentaje de emergencia, con 89.59 %, comparado con el resto de los tratamientos, seguido por los tratamientos Arizona 20 control (88.89 %) y Joe Parker tratado con la bacteria (88.89 %), donde se observa un mismo porcentaje de emergencia; el promedio más bajo para esta misma variable lo presenta el tratamiento Joe Parker control. Asimismo, es importante indicar que los porcentajes de los tratamientos inoculados con la bacteria *Azospirillum halopraeferens* Arizona 20 y Joe Parker, son mayores que los tratamientos control de las mismas variedades.

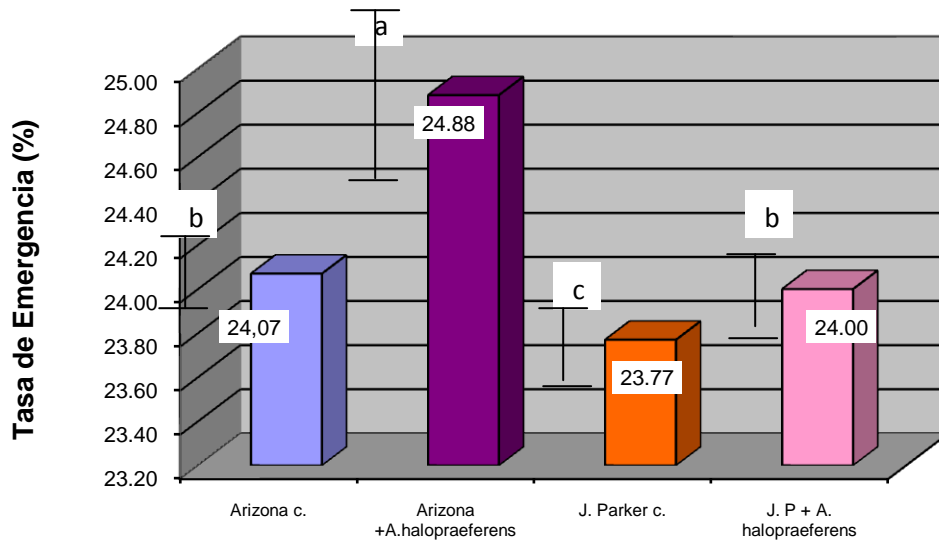


Figura 4. Tasa de emergencia promedio de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P<0.005$).

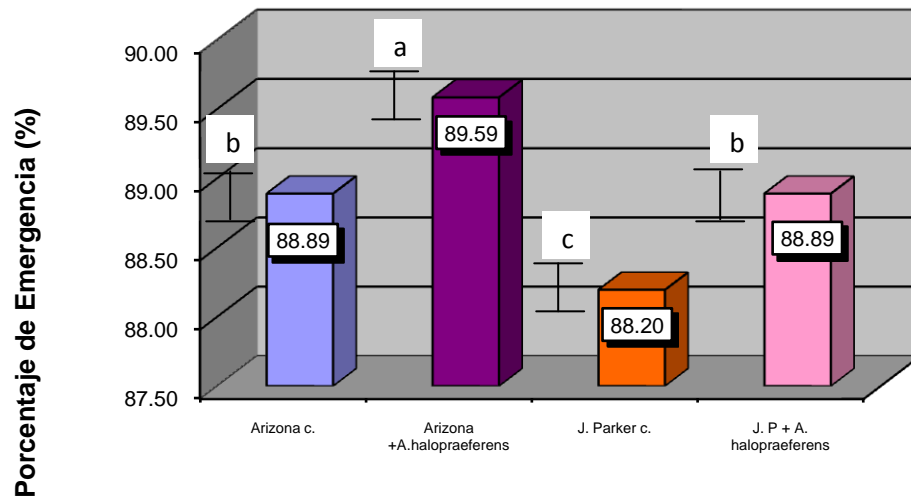


Figura 5. Porcentaje de emergencia (%) promedio de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P<0.005$).

Altura de plántula

Para esta variable, el tratamiento que mayor altura promedio mostró fue el Arizona 20 inoculado con la bacteria en estudio, mostrando un promedio de 16.5 cm, seguido por el tratamiento Arizona 20 sin inoculante, mismo que presentó una altura promedio de 16.4 cm; un porcentaje menor a los anteriormente citados lo presentó la variedad Joe Parker control con 15.5 cm quedando con el valor más bajo (15.3 cm) la variedad Joe Parker tratada con la bacteria (*A. halopraeferens*) en relación a todos los tratamientos (Figura 6).

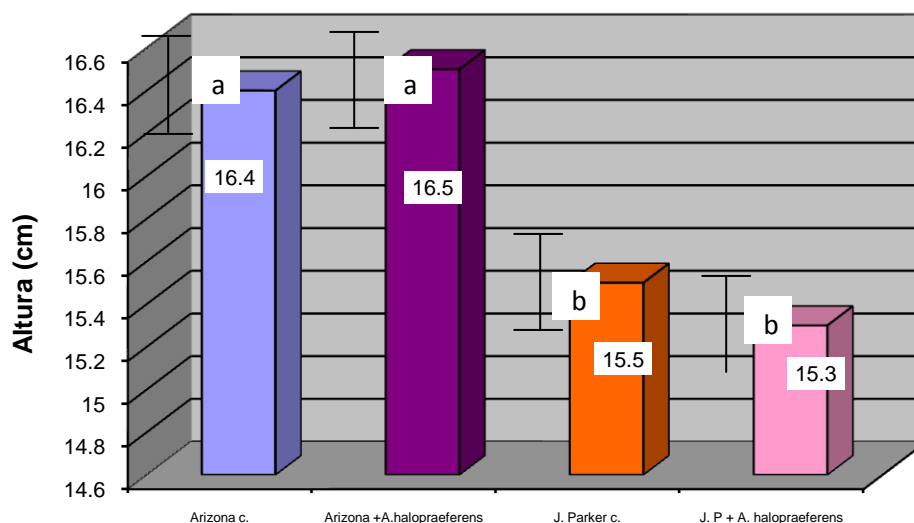


Figura 6. Altura promedio de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P < 0.005$).

Diámetro de tallo

En lo que se refiere a la variable: diámetro del tallo de las plántulas estudiadas en el estudio, podemos observar que el promedio mayor lo presentó la variedad Arizona 20 inoculada con la bacteria *A. halopraeferens*, con un promedio de 1 mm de diámetro, siguiéndole en segundo plano con 0.9 mm. El resto de los tratamientos mostraron resultados similares (Figura 7).

Longitud radicular

Para esta variable, la figura 8 nos indica que el tratamiento que mostró los máximos valores fue la variedad Arizona 20 + *A. halopraeferens* con un promedio de 5.32 cm, mientras que el tratamiento Arizona 20 sin inoculante tuvo una longitud radicular de 5.07 cm, siguiéndoles el tratamiento Joe Parker inoculado con la bacteria y Joe Parker sin *A. halopraeferens* (4.92 y 4.97 cm, respectivamente). Se puede apreciar que ambas variedades inoculadas mostraron un mejor comportamiento en comparación de aquellos no tratadas con la bacteria.

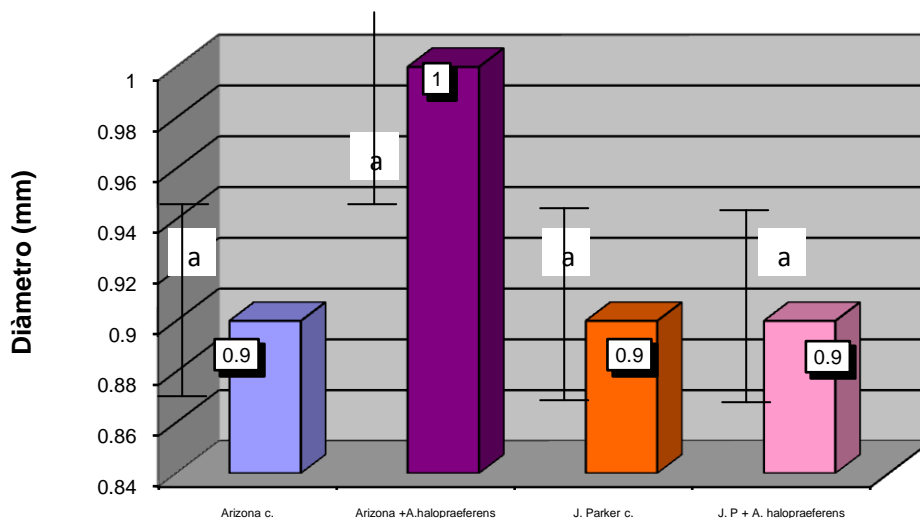


Figura 7. Diámetro de tallo de plántulas de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P < 0.005$).

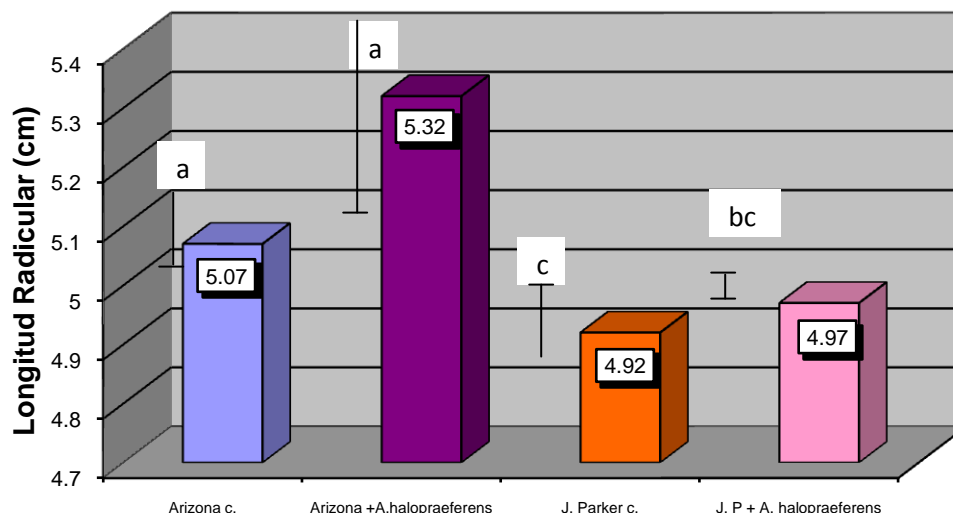


Figura 8. Longitud radicular promedio de plántula de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P < 0.005$).

Peso fresco de plántula

La figura 9 nos muestra que la variedad que mayor peso promedio mostró, fue la Arizona 20 inoculada con la bacteria *A. halopraeferens* = *A.h.* = quedando en un segundo lugar el tratamiento de la misma variedad no inoculada (2.29 = Arizona + A. h. y 2.02 gr. Arizona control). Sin embargo, en el caso de la variedad Joe Parker, resultaron numéricamente con mayor peso aquellos tratamientos que no fueron inoculados en comparación con los inoculados (1.84 gr y 1.76 gr respectivamente).

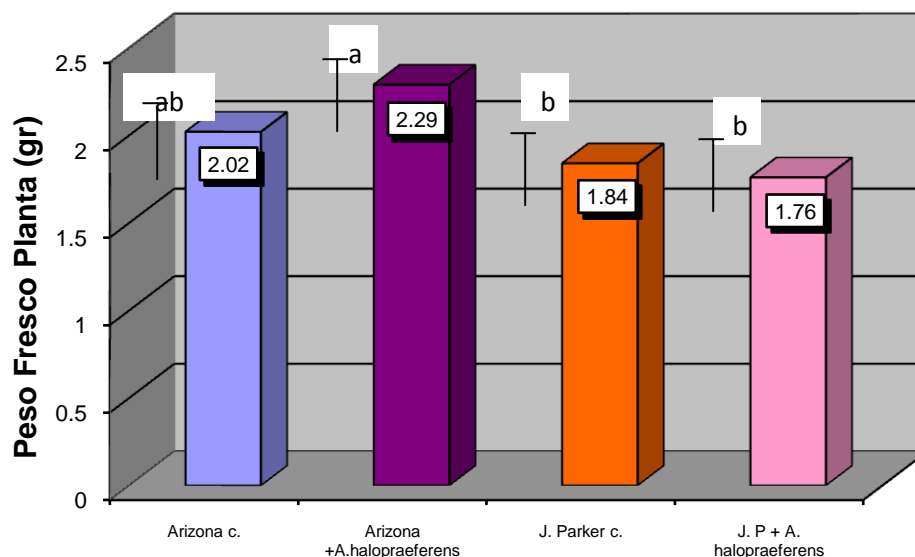


Figura 9. Peso fresco de plántula de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P < 0.005$).

Peso seco de plántula

Para los tratamientos inoculados de la variedad Arizona 20 y Joe Parker, los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa entre tratamientos, excepto Joe Parker sin la bacteria en estudio. Sin embargo, el valor promedio más alto lo muestra la variedad Arizona inoculada con *Azospirillum halopraeferens*, aunque este no fue significativo con respecto a ella misma sin el inoculante (*A.halopraeferens*) (Figura 10).

Peso fresco y seco del sistema radicular de plántulas

En la figura 11, se puede apreciar que los valores máximos de peso fresco de raíz, lo obtuvo la variedad Arizona 20 control, con 1.22 gr promedio, resultado que fue superior a la misma variedad inoculada con la bacteria en estudio (1.20 gr); un comportamiento similar se obtuvo con la variedad Joe Parker, donde el tratamiento control presentó 1.07 gr como peso promedio de la raíz, resultado ligeramente mayor al tratamiento inoculado con *A. halopraeferens* (1.04 gr). No obstante lo anterior, la variedad Arizona, mostró diferencias significativas (control e inoculado) en comparación con aquellos de la variedad Joe Parker.

Para el caso de peso seco de raíz, la figura 12, muestra que la variedad Arizona 20 + inoculante y el control (0.8 gr para ambos), presentaron valores superiores en comparación de los tratamientos de la variedad Joe Parker. Un mismo comportamiento con peso fresco de raíz, el peso seco lo mostró, ya que la variedad Arizona mostró diferencias significativas (control e inoculado) en comparación con aquellos de la variedad Joe Parker.

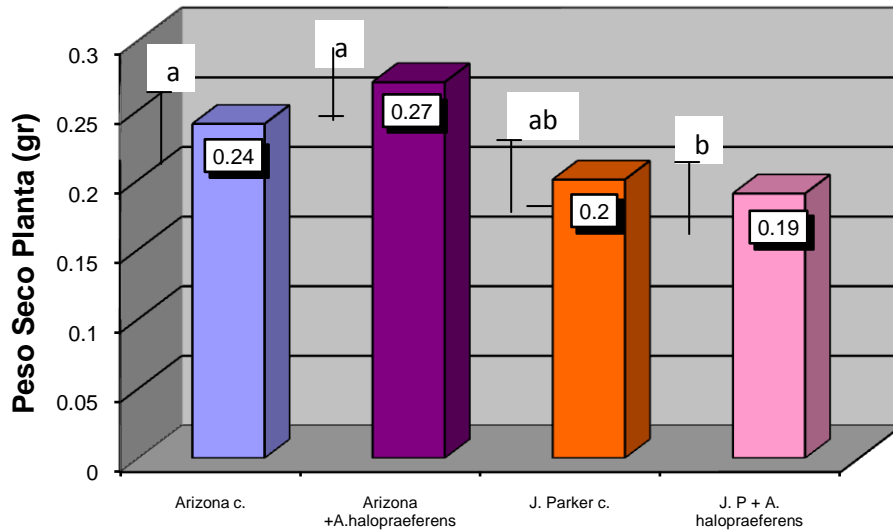


Figura 10. Peso seco promedio de las plántulas de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum L*), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P < 0.005$).

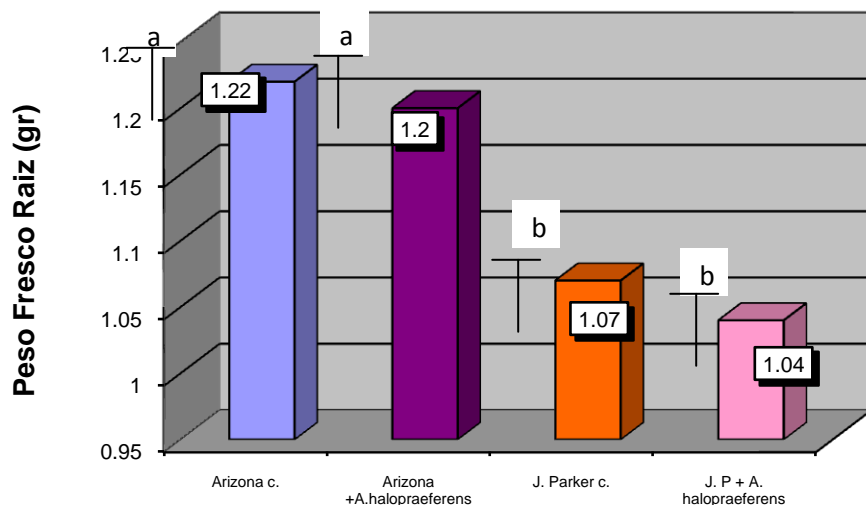


Figura 11. Peso fresco promedio de sistema radicular de plántulas de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P<0.005$).

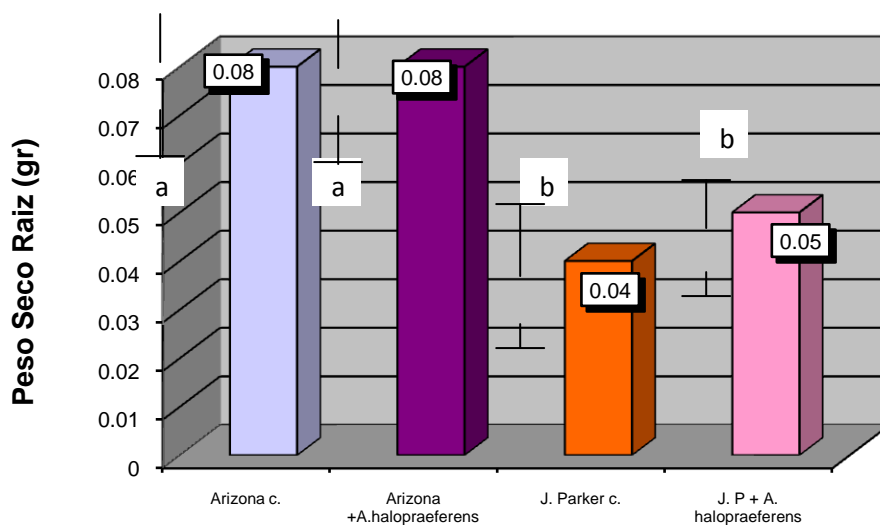


Figura 12. Peso seco promedio de sistema radicular de plántulas de las variedades (Arizona 20 y Joe Parker) de chile verde (*Capsicum annum* L), mostrando los tratamientos inoculados con *Azospirillum halopraeferens* y sus respectivos controles. Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P<0.005$).

CONCLUSIONES

Con la realización de éste trabajo, fue posible ampliar el conocimiento del comportamiento de la estimulación de crecimiento de plantas de chile, inoculadas con la bacteria *Azospirillum halopraeferens*, bajo condiciones de invernadero en la región de Imuris, Sonora. Los resultados arrojaron que la variedad Arizona al ser inoculada con la bacteria *Azospirillum halopraeferens* mostró valores significativos en las variables: tasa de emergencia y porcentaje de emergencia, en comparación con la variedad Joe Parker y sus respectivos controles sin inocular. Asimismo, se observó que la variedad Arizona inoculada y el control sin inocular, mostraron resultados significativos en las variables altura de planta, longitud radicular, peso seco y fresco de raíz, en comparación de la variedad Joe Parker inoculada con la bacteria en estudio y su respectivo control. Por otra parte, fue observado un comportamiento sin diferencias significativas entre variedades inoculadas y sus controles en las variables diámetro de tallo y peso seco de plántulas. Es importante desarrollar más investigación en las diferentes etapas fenológicas del cultivo considerando la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento de plantas.

Se recomienda que en posteriores estudios, factores relacionados con fechas de siembra, utilización de productos químicos (bactericidas), etc., deban ser considerados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece estancia aprobada del Dr. Bernardo Murillo Amador en Apoyos Complementarios para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación (Repatriación, Retención y Estancias de Consolidación)-2007.

LITERATURA CITADA

- Aarssen, L.W. y Epp, G.A. 1990 Neighbor manipulations in natural vegetation: a review. *Journal of Vegetation Science*, 1, 13-30.
- Antonovics, J. y Fowler, N.L. 1985 Analysis of frequency and density effects on growth in mixtures of *Salvia splendens* and *Linum grandiflorum* using hexagonal fan designs. *Journal of Ecology*, 73, 219-234.
- Aplet, G.H. y Laven, R.D. 1993 Relative performance of four Hawaiian shrubby plants (Asteraceae) under greenhouse conditions with implications for rarity. *Biological Conservation*, 65, 15-21.
- Arsac, J., Lamothe, C. y Fages, J. 1990. Growth enhancement of Maize (*Zea Mays*) through *Azospirillum lipoferum* inoculation: effect of plant genotype and bacterial concentration. *Agronomic*. 10: 640-654.
- Austin, M.P., Fresco, L.F.M., Nicholls, A.O., Groves, R.H., Kaye, P.E. 1988 Competition and relative yield: estimation and interpretation at different densities and under various nutrient concentrations using *Silybum marianum* and *Cirsium vulgare*. *Journal of Ecology*, 76, 157-171.
- Ausubel, F., Brent, R., Kingston, R., Moore, D., Serdam, J., Smith, I. y Struthl K. 2002. Short protocols in molecular biology. In: A compendium of methods from current protocols in molecular biology. 1a edition. Ed. Wiley. N.Y., p. 580.
- Avilés P. M. 1995. Guía técnica para la producción de cebolla en la región de Magdalena, Sonora. Folleto para productores No. 15. INIFAP-CIRNO-CCH. Hermosillo, Sonora. México. p. 12.
- Baeza, E. 2000. Caracterización de la ventilación natural en el invernadero tipo parral. proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería.
- Baldani, V. y Dobereiner, L. 1980. Host plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. *Soil Biology & Biochemistry*. 12: 443-439.
- Bashan, Y. y Holguin G. 1997 (b). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (Plant Growth- Promoting Bacteria) and PGPB. *Soil Biology & Biochemistry*. 30: 1225-1228.
- Bashan, Y. y Holguin, G. 1997 (a). *Azospirillum*-plant relationship: environmental and physiological advances (1990-1996). *Journal Microbiology*. 43: 103-121.
- Bashan, Y., Hernández, J.P., Leyva, L. y Bacilio, M. 2002. Alginate microbeads as inoculant carriers for plant growth-promoting bacteria. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 359-368.
- Bleasdale, J.K.A. 1967 Systematic designs for spacing experiments. *Experimental Agriculture*, 3, 73-85.
- Bredha, J., Kremer, R., y Brown, J. 1994. Indications of associative nitrogen-fixation in eastern gamagrass. *Journal of Range Management*. 47: 192-195.
- Cásseres, E. 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias agrícolas. San José Costa Rica. pp. 180-193.
- Castañón, C. M. 1993. Horticultura. Manejo simplificado. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario. México. pp. 194-198.
- Castellanos, C. T. 1998. Respuesta de la superficie de la bacteria promotora de crecimiento de plantas *Azospirillum* spp. a estímulos externos. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. p. 7.

- Conrad, K., Bettin, B., y Neuman, S. 1992. The cytokinin production of *Azospirillum* and *Klebsiella* possible ecological effects. In: M. Kaminek et al. (eds), Physiology and biochemistry of cytokinins in plants. Symposium Liblice, República de Checoslovaquia. pp. 401-405.
- Das, H. 1999. Biological nitrogen-fixation in the context of indian agriculture. *Current Science*. 60: 551-555.
- De Troch P. y Vaderleyden J. 1996. Surface properties and motility of *Rhizobium* and *Azospirillum* in relation to plant root attachment. *Microbiology Ecology*. 32:149-169.
- Drozdowicz, A. y Ferreira, S. 1987. Nitrogenase activity in mixed cultures of *Azospirillum* with other bacteria. *Zentralblatt für Mikrobiologie*. 142: 487-493.
- El-khawas, H. and Adachi, K. 1999. Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and *Klebsiella* and their effects on rice roots. *Biology and Fertility of Soils*. 29:377-381.
- Fages, J. 1992. An industrial view of *Azospirillum* inoculants: formulation and application technology. *Symbiosis*. 13: 15-26.
- Fallik, E., Okon, Y. y Fisher, M. 1988. Growth response of maize roots to *Azospirillum* inoculation: Effect of soil organic matter content, number of rhizosphere bacteria and timing of inoculation. *Soil Biology & Biochemistry*. 20: 45-49.
- FAO. 1991. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Anuario estadístico. <http://www.fao.org/>
- FAO. 1998. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Anuario estadístico. <http://www.fao.org/>
- Fernández, Ma., F. Orgaz, E. Fereres, J. C. López A. Céspedes, J. Pérez, S. Bonachela, M. Gallardo. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Ed. CAJA MAR (Caja Rural de Almería y Málaga) Plaza de Barcelona, 5 04006 ALMERÍA 70 p.
- Fersini, A. 1984. Horticultura práctica. Segunda Edición. Editorial Diana. México. pp. 379-390.
- Gamo, T. y Sang, B. 1990. Growth-promoting *Azospirillum* spp isolated from rice roots of several non-gramineous crops in Japan. *Soil Science Plant Nutrition*. 37: 455-461.
- Grageda, G. J. 1999. La fertilización en hortalizas. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora, México. pp. 4-35.
- Haahtela, K., Ronkko, R., Laasko, T., Williams, P. y Korhonen, T. 1990. Root-associated *Enterobacter* and *Klebsiella* in *Poa pratensis*: Characterization of an iron-scavenging system and a substance stimulating root hair production. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 3: 358-365.
- Hambdar B. C. 2000. American University of Beirut. Small fruits review. 1, 3-14. Beirut
- Holguin, G., y Bashan, Y. 1996 Nitrogen-fixation by *Azospirillum brasilense* is promoted when co-cultured with a mangrove rhizosphere bacterium (*Staphylococcus* sp) *Soil Biology & Biochemistry*. 28: 1651-1660.
- Holguin, G., Guzmán, M. y Bashan, Y. 1992. Two new nitrogen fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: their isolation, Identification and *in vitro* interaction with rhizosphere *staphylococcus* sp. *Microbiology Ecology*. 101: 207-216.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI. 2000. Carta topográfica 1:50,000. Aspectos geográficos de Sonora. Coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales. México.
- Isopi, R., Fabbri, P., Del Gallo, M. y Puppi G. 1995. Dual inoculation of *Sorghum bicolor* (L). Moench ssp. *bicolor* with vesicular arbuscular mycorrhizae and *Acetobacter diazotrophicus*. *Symbiosis*. 18: 43-55.
- Itai, C. y Vaadia, Y. 1968. The role of root cytokinins during water and salinity stress. *Journal Botany*. 63: 694-701.

- Jena, P. y Rao, V. 1992. Nitrogen fixation in *Azospirillum* sp. isolated from rice and soil as influenced by carbofuran and combined nitrogen Zentralbl Microbiology. 147: 340-344.
- Jensen, M.E. 1969. Scheduling Irrigation Using Computers. J. Soil and Water Conserv. 24: 193-195.
- Jiménez, D.R., Virgen, C.G., Tabares, F.S. y Olalde, P.V. 2001. Bacterias promotoras de crecimiento de plantas: Agrobiotecnología. Avance y perspectiva. pp. 395-400.
- Kapulnik, Y., Okon, Y. y Kigel, J. 1981. Effects of temperature, nitrogen fertilization and plant age on nitrogen fixation by *Setaria italica* inoculated with *Azospirillum brasilense* (strain cd). Plant Physiology. 68:340-343.
- Kloepper, J. Schippers, B., y Bakker P. 1992. Proposed elimination of the term endorhizosphere. Phytopathology. 82: 726-727.
- Kozyrovskaya, N., Makitruk, V. y Rukdashel, E. 1990. Nitrogen fixing *Klebsiella* spp produces IAA. Biopolim Kletka. 6: 93-96.
- Ladha, J., Barraquio, W. y Watanabe, I. 1983. Isolation and identification of nitrogen-fixing *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella planticola* associated with rice plants. Canadian Journal of Microbiology. 29: 1301-1308.
- Lampkin, N. 1990. Organic farming. Farming press books. Princess Street. United Kingdom. pp. 1-49.
- Macías, D. R. 1993. Avances de investigación. Publicación técnica No. 4. INIFAP PRODUCE. H. Caborca, Sonora; México. pp. 20-22.
- Magalhaes, F., Baldani, J., Souto, S., Kuykendall, J., y Bodereiner, J. 1983. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. Academia Brasileira de Ciencias. 55: 417-430.
- Manual para educación agropecuaria. 1982. Horticultura. Área de producción vegetal. SEP-TRILLAS. México. pp. 37-46.
- Maroto, B., J. V. 2000. Horticuultura herbacea especial. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona España. pp.400-416.
- Nahidh, S. y Hakeem A. 1991. Response of wheat to dual inoculation with VA-Micorrhiza and *Azospirillum*, fertilized with NPK and irrigated with sewage effluent. Arid soil research and rehabilitation. 5: 83-96.
- Negi, M., Sachdev, M. y Tilak, K. 1991. Nitrogen uptake by *Azospirillum brasilense* inoculated Barley (*Hordeum vulgare* L.) as influenced by N and P fertilization. J. Nuclear Agric. Biology. 20:25-32.
- Nuez V. F. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona España. pp.15-25.
- Okon, Y. y Labandera, G. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: and evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biology & Biochemistry. 26: 1591-1601.
- Parke, J. 1991. Root colonization by indigenous and introduced microorganisms. In: the rizosphere and plant growth. D.L. Keister and P.B. Cregan (Eds) Kluwer Academic Publishing. The Netherlands. pp 33-42.
- Puente, M. y Bashan, Y. 1993. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strains on germination and seedlings growth of the giant columnar cardon cactus (*Pachycerus pringler*). Symbiosis. 15: 49-60.
- Puente, M., Holguin, G., Glick, B. y Bashan Y. 1999. Root-surface colonization of black mangrove seedlings by *Azospirillum halopraeferens* and *Azospirillum brasilense* in seawater. Microbiol. Ecology. 29:283-292.
- Reinhold, B., Hurek, T., Fendrik, I., Pot, B., Gillis, M., Kersters, K., Thielmans, S. y De Ley, J. 1987. *Azospirillum halopraeferens* sp. nov. a nitrogen-fixing organism associated with roots of *Kallar* grass (*Leptochloa fusca* L. Kunth). International Journal of Systematic Bacteriology. 37:43-51.
- Rennie, R. 1981. A single medium for the isolation of acetylene reducing (dinitrogen-fixing bacteria from soil. Canadian Journal Microbiology. 27: 8-14.

- Rodelas, B., González, L., Salmeron, V., Pozo, C. y Martínez, T. 1996. Enhancement of nodulation, N₂ fixation and growth of faba bean (*Vicia faba* L.) by combined inoculation with *Rhizobium leguminosarum* by *Viceae* sp and *Azospirillum brasilense*. *Symbiosis*. 21:175-186.
- Rojas, A., Holguin, G., Glick, B. y Bashan, Y. 2001. Synergism between *Phyllobacterium* sp (N₂-fixer) and *Bacillus licheniformis* (P-solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. *Microbiology Ecology*. 1217: 1-7.
- SAGAR. 1996. Anuario Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. <http://mx.search.yahoo.com/search?ei=UTF-8&fr=slv1-mdp&p=anuario%20agricultura%20sonora>
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT user's guide. Version 6.12 SAS, Institute, Cary, N.C. U.S.A.
- Serrano, C. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Biblioteca Agrícola AEDOS. España. pp. 213–221.
- Smith M. 1992. CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome.
- Snedecor, G. 1956. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. The Iowa State College Press, Ames, Iowa, USA. pp. 237-290.
- Snyder, R.L. 1985. California Irrigation Management Information System. Vol.2. Final Report to the California Department of Water Resources. Office of Water Conservation. Contract number B53812. Sacramento, California. 130 pp.
- Sokal, R. y Rohlf R. 1988. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. (3rd edn). Freeman & Co, San Francisco, CA.
- Tamaro D. 1985. Manual de horticultura. Ediciones G. Gili, S. A. de C. V. México. pp. 1–51.
- Tien, T., Gaskins, M. y Hubbell, D. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) *Applied Environmental Microbiology*. 20: 1016-1021.
- Través Soler G. 1984. Abonos. Editorial SINTES. Barcelona España. pp. 111–141.
- Uwe A. Schneider, Bruce A. McCarl 2006. Appraising agricultural greenhouse gas mitigation potentials: effects of alternative assumptions. *Agricultural Economics* Vol. 35 Issue 3 p 277.
- Wright, J.L. 1982. New evapotranspiration crop coefficients. *J. Irrig. And Drain. Div., ASCE*, 108 (IR2): 57-74.

Capítulo XIV

TECNOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN, PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS ORGÁNICAS

Technology for Obtaining, Production and conservation of Organic Seeds

‡Francisco Iginio Ruiz Espinoza¹, Félix Alfredo Beltrán Morales¹, José Guadalupe Loya Ramírez¹, Bernardo Murillo Amador³, Alejandra Nieto Garibay³, Marco Antonio Torres Tapia², José Luis García Hernández⁴, Sergio Zamora Salgado¹, José. E. Bretón Madariaga⁵

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. La Paz, BCS. AP-19-B, CP-23080. ²Centro de Capacitación y Tecnología de Semillas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coahuila, México. ³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. ⁴Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Ejido Venecia, Gómez Palacio Durango. ⁵Estudiante del Sexto semestre de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. La Paz, BCS. AP-19-B, CP-23080.

‡Autor responsable: (fruiuz@uabcs.mx)

En memoria del Dr. Liborio Fenech Larios ††



Figura 1. Parcela Orgánica artesanal con biodiversidad de cultivos en la Universidad Autónoma de Baja California Sur

RESUMEN

La producción de semillas es una de las actividades agrícolas más contaminantes que existen, pues con la excusa de que las plantas no están destinadas al consumo humano, se utilizan grandes cantidades de abonos, pesticidas, defoliantes y hormonas. La semilla es la esencia de la planta y su producción intensiva a base de fitosanitarios (pesticidas, abonos,...) es muy contaminante. Pocos agricultores orgánicos consideran hoy en día que utilizar semillas orgánicas sea una cuestión primordial. ¿Qué importancia tiene el origen de las semillas si el cultivo se realiza sin ningún tipo de tratamiento? La planta que obtendremos será igualmente sana y equilibrada. Es cierto, pero ¿podemos apoyar a la vez a la agricultura orgánica y a las grandes multinacionales productoras de semillas que producen sin ningún respeto por el medio ambiente?. La importancia que representa la producción de semilla, desde el punto de vista socio-cultural, justifica plenamente la necesidad de ofrecer a los agricultores alternativas de producción económicamente rentables, ecológicamente compatibles y socialmente aceptables, es decir, que de acuerdo con los principios de la agricultura sostenible se aumente la diversidad genética para minimizar la dependencia y se combinen prácticas tradicionales con tecnología moderna. Por lo que la producción de semilla orgánica es aquella estructura vegetal destinada a la siembra o propagación; producida mediante el manejo racional de los recursos naturales, evitando el uso de productos de síntesis química; que brinde plantas sanas, y en el proceso de producción se mantenga o incremente la fertilidad del suelo y la biodiversidad; y exprese sus características intrínsecas, cubriendo las necesidades fisiológicas y ecológicas de los cultivos producidos con ellas. La semilla debe ser mejorada, seleccionada y desarrollada dentro del sistema de producción orgánica; ya que su potencial será distinto según las condiciones en que ha sido producida.

Palabras clave: Biodiversidad, fertilidad del suelo, plantas atípicas, aislamiento

SUMMARY

Seed production is one of the most polluting agricultural activities. Large amounts of fertilizers, pesticides, defoliantes and hormones are used with the excuse that the plants are not intended for human consumption. Few organic farmers, today, consider using organic seeds is a primary issue. How important is the origin of the seeds when the crop is made without any treatment? The plant you get will be equally healthy and balanced. True, but we can support, at the same time, organic farming and the large multinational companies that produce seeds without any respect for the environment? The

importance of seed production, from socio-cultural point of view, fully justifies the need to provide the farmers its production economically viable, environmentally compatible and socially acceptable alternatives. In accordance with the principles of sustainable agriculture, genetic diversity must be promoted to minimize dependence. In addition, traditional practices should be complemented with modern technology. Organic seed is that plant structure aimed at sowing or sexual propagation, produced by the rational management of natural resources. The process must also ensure seed to express its merits, meeting environmental and physiological needs of plants stemming from such seeds. In addition, this process must maintain or increase soil fertility and biodiversity. The seed should be improved, selected and developed based on an organic production system. The potential of the seed will be high if the conditions of production are appropriate.

Index words: biodiversity, soil fertility, atypical plants, isolation

INTRODUCCIÓN

La producción de semillas es una de las actividades agrícolas más contaminantes que existen, pues con la excusa de que las plantas no están destinadas al consumo humano, se utilizan grandes cantidades de abonos, pesticidas, defoliantes y hormonas.

La semilla es la esencia de la planta y su producción intensiva a base de fitosanitarios (pesticidas, abonos,...) es muy contaminante. Pocos agricultores orgánicos consideran hoy en día que utilizar semillas orgánicas sea una cuestión primordial. ¿Qué importancia tiene el origen de las semillas si el cultivo se realiza sin ningún tipo de tratamiento? La planta que obtendremos será igualmente sana y equilibrada. Es cierto, pero ¿podemos apoyar a la vez a la agricultura orgánica y a las grandes multinacionales productoras de semillas que producen sin ningún respeto por el medio ambiente?

Por lo que las multinacionales no ven la importancia que representa la producción de semilla, desde el punto de vista socio-cultural, justifica plenamente la necesidad de ofrecer a los agricultores alternativas de producción económicamente rentables, ecológicamente compatibles y socialmente aceptables, es decir, que de acuerdo con los principios de la agricultura sostenible se aumente la diversidad genética para minimizar la dependencia y se combinen prácticas tradicionales con tecnología moderna.

La combinación de la tecnología moderna y las prácticas tradicionales hoy día es apremiante para lograr el apoyo técnico orientado hacia las necesidades específicas de los agricultores. Se deben tener presentes estos principios y la gran diversidad de sistemas productivos de las distintas zonas. Las

estrategias de apoyo, aquellas que impulsen la participación activa de agricultores y técnicos, compartiendo criterios e ideas que contribuyan al mejoramiento integral de los cultivo, son área de interés. De esta manera, por la vía de la capacitación, se pretende alcanzar objetivos de transferencia de tecnologías con las actuales necesidades de los sistemas de producción.

Una de las necesidades de los sistemas de producción es el creciente costo de los insumos, el cual es una de las principales limitantes de la producción, en particular, el insumo semilla registra un costo creciente, razón por la cual se viene apoyando iniciativas orientadas a la reducción del costo de la misma, al tiempo de contribuir con el fortalecimiento de formas organizativas locales y, en general, aportar soluciones para el desarrollo de una agricultura sostenible. De esta manera se facilita, a través de actividades de capacitación y asistencia técnica, la utilización de semillas de variedades mejoradas, de excelente calidad genética y física, aún cuando sean obtenidas mediante métodos artesanales de multiplicación, para garantizar así una alternativa de bajo costo, especialmente útil para pequeños agricultores, pero con posibilidad de ser utilizada también por los grandes productores.

El bajo costo del sistema artesanal, el cual lo pueden utilizar los grandes productores y los pequeños agricultores que pueden disponer de semilla de buena calidad, manteniendo buenos rendimientos en el tiempo, siguiendo criterios de sostenibilidad y con posibilidades de adopción de tecnología al alcance cultural y económico del productor. No existe un esquema único que se pueda aplicar para la organización de los sistemas de producción artesanal de semilla, éste obedece a las necesidades y potencialidades locales de cada grupo de productores. Las alternativas para obtener semilla de buena calidad dependerán de las condiciones particulares de la región. Es recomendable que el trabajo de producción artesanal sea emprendido por grupos de productores organizados con el fin de compartir los beneficios de la reducción de los costos por semilla.

CONDICIONES GENERALES DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

Elección de terrenos

Se tiene que tomar en cuenta el historial del terreno y dentro de esto se debe considerar el terreno anterior y no se debe haber cultivado la especie que vamos a sembrar.

Aislamiento del campo es determinante puede establecerse en distancias pudiendo variar por barreras naturales.

Tiempo de sembrado, se puede dar la siembra antes o después que del período, pero que el polen no contamine nuestro campo y así tener buena calidad. También el riego es un factor importante ya que si no se provee de agua al campo adecuadamente se puede tener perdidas considerables.

Elección de variedades y calidades de semilla, siembra

Para que nuestra calidad de cosecha para la semilla sea la óptima debe ser de buena variedad, resistente a plagas y enfermedades y a la vez debe ser de buena calidad, para esto debe cumplir con:

Componente Genético.- Aquí se tiene que ver la pureza variedad o genética y siempre debemos obtener 100% (Figura 2), este factor es fundamental en la calidad de la semilla. Mientras más pureza genética mayor precio y mejor semilla.

Componente físico.- Aquí se demuestra la pureza física o semilla pura y se mide en porcentaje de semilla pura, otras semillas, malezas y material inerte.

Componente Fisiológico.- Se evalúa a través de la prueba de germinación, se puede manejar adecuadamente un medio ambiente del campo de cultivo, así también no influyen el factor de almacenamiento, para dicha prueba de germinación se debe contar y controlar ciertos elementos como temperatura y manejo de temperatura y manejo del cultivo.



Figura 2. Planta de chícharo para obtención de semilla básica

La siembra consiste en la operación mecánica de depositar la semilla de un cultivo en un suelo convenientemente labrado o preparado, cuya característica del suelo al momento de la siembra deben contener una humedad apropiada para que garantice una buena germinación y en consecuencia un crecimiento y un desarrollo óptimo que nos garantice una cosecha adecuada.

Las características más importantes que debe tener la localidad destinada a la producción de semilla son: a) Clima cálido seco o seco, b) humedad atmosférica baja, c) temperatura media anual de 20 a 25 °C, d) libre de heladas y e) precipitación pluvial menor de 400 mm.

Efecto climatológico en el desarrollo de la producción

Precipitación: Puede provocar el humedecimiento de la semilla y la germinación en planta rompiendo la latencia residual, puede provocar pudriciones y ser medio para el desarrollo y establecimiento de hongos y bacterias que pueden dañar la semilla e incluso puede inducir la proliferación de insectos.

Humedad relativa: Cuando se presenta una elevada humedad relativa dificulta el secamiento de la semilla en el campo pues es un mal lugar para el almacenamiento, ya que esta expuesto a condiciones desfavorables. Genera la exacerbación de desarrollo, se va deteriorándose al respirar mucho.

Temperatura: La baja temperatura afecta mucho a la semilla que no esta madura fisiológicamente y también cuando tenemos temperaturas elevadas con baja humedad relativa y viento se seca mucho la semilla y se quebró, lo cual se altera la calidad.

Viento: Cuando hay abundante viento a velocidades altas puede producir el ACAME (cultivos básicos) que consiste en la caída de la planta al suelo por no tener un tallo vigoroso, esta caída de la planta al suelo también puede ser provocado por la deficiencia nutricional.

Preparación de suelo

La preparación del suelo, es una de las labores más importantes y de ella depende en gran parte el éxito del cultivo "orgánico". Se puede realizar en forma manual, con arado de yunta o con tractor hasta lograr un suelo mullido. En sectores de pendientes pronunciadas donde la maquinaria agrícola trabaja a favor de la pendiente se debe realizar inmediatamente una cruz con maquinaria sencilla para evitar que se degrade el suelo por efecto de la acción de las aguas lluvias. No se recomienda utilizar arado de vertedera porque se invierten los horizontes del suelo y de esa manera se altera su actividad biológica. Las malezas que quedan sobre el campo deben ser incorporadas junto con otros materiales orgánicos.

El laboreo o mantenimiento mecánico del suelo debe realizarse con algunas consideraciones. No hacerlo en profundidad, es clave para preservar la composición y el estado de los nutrientes naturales del suelo. Hay que evitar la posible mineralización del suelo y la compactación.

Esto debido a la importancia de la labor que realizan en el suelo gran número de seres vivos que en él habitan, como las lombrices de tierra, que excavan galerías y enriquecen el suelo una vez digerido éste, los filamentos microscópicos de los hongos, que proporcionan una mayor cohesión entre las partículas de tierra, o las mismas raíces de las planta

Por lo que es necesario potenciar el laboreo natural por las raíces y los organismos del suelo: rotaciones y asociaciones con diferente profundidad radical, aportes de materia orgánica, abonos verdes, entre otras.

Trabajar el suelo en el momento adecuado (tempero), no incorporar en profundidad materia orgánica fresca, mantener el suelo cubierto, mediante cubiertas vivas, con acolchados o con el propio cultivo.

SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN

Época de siembra

¿Cuándo sembrar tus [hortalizas](#)? Utiliza el calendario de siembra y cosecha para tu cultivo, podrás ver cuando sembrar, la época del año y el tipo de hortaliza.

La fecha de siembra tiene una influencia determinante en el rendimiento del cultivo, pues las condiciones climáticas favorecen o limitan las funciones fisiológicas de la planta, así como la incidencia de plagas o enfermedades.

La más adecuada para los cultivos es aquella en que, además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo, permite que la cosecha coincida con el período de baja o ninguna precipitación, ya que evita daños en los granos y frutos por pudrición o presencia de hongos. En general, se identifican dos épocas de siembra: primera-verano y otoño-invierno.

Siembra de primavera- verano

Con esta siembra se da inicio al año agrícola, la cual varía entre comunidades. La mayoría de productores en Baja California Sur siembra en el período comprendido entre el 15 de febrero al 15 de marzo, de tal manera que la etapa de madurez de la planta coincida con la época seca de julio-agosto (canícula).

Siembra otoño-invierno

Estas siembras se realizan en los meses de septiembre-octubre. En este período, la calidad de la semilla de es mejor, debido a que se cosecha en tiempo seco y soleado, lo que facilita las labores de extracción o aporreo en granos.

Fertilización

Uno de los aspectos fundamentales de la agricultura orgánica es el relativo al concepto del suelo y su fertilidad, es decir, aquí al suelo se le considera como un sistema biológico que tiene y genera vida por acción de los microorganismos presentes en la importante función de la materia orgánica, contribuyendo de manera decisiva en su fertilidad. Por lo que uno de los puntos críticos en la producción de semillas orgánicas es el tener un suelo con sus macro elementos y micro elementos. Para

que nuestra de semilla sea de las mejores, debería presentar los 16 elementos esenciales importantes. A continuación se describe la importancia de algunos elementos que inciden en la producción de semillas orgánicas.

- El potasio es uno de los más importantes ya que le da la resistencia a la planta y su falta es de apariencia pobre y deforme.
- El calcio en su deficiencia produce plántulas con sistema radicular normal pero las yemas y hojas deformes, como puede ocurrir con las semillas.
- El magnesio para la formación de aminoácidos y vitaminas, podemos decir que las semillas si tiene deficiencia de magnesio no germinaron bien.
- El boro pueden afectar la floración y la germinación del polen, y si tenemos deficiencia de Boro tenemos problemas del desarrollo de semilla.
- El Zinc en leguminosas es muy importante y en su deficiencia las semillas pueden sufrir de malformación
- El Molibdeno es un componente del sistema enzimático que reduce los nitratos a amonio en su deficiencia la planta deja de crecer y las semillas salen chupadas.

Para poder lograr una adecuada fertilización orgánica se realiza mediante el uso de residuos de cosechas, compostas, estiércoles, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales, tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrientes en favor de la actividad biológica y la estructura del suelo.

Las técnicas más apropiadas de fertilización son: abonos orgánicos, abonos verdes (Figura 3); fijación natural de nutrientes por medio de plantas como: leguminosas, plátano, manzanilla, mostaza y otras; abonos foliares de origen natural tales como: fermentados de estiércol de ganado, gallinaza, hormigas y/o compuestos vegetales; compuestos biodinámicos en general; incorporación de materia orgánica en general; rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos forestales. Técnicas que favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos.

De ser posible todo el material de origen animal (estiércol, gallinaza, orines y subproductos) deben provenir de animales criados orgánicamente.



Figura 3.- Incorporación de leguminosas como fertilización y agregado de materia orgánica

Riego

En general, los campos de producción de semillas son implantados en áreas bajo riego. Se puede afirmar que uno de los factores obvios es el de viabilizar la producción en épocas donde normalmente no se podrían producir semillas, en razón de la falta de lluvias en volúmenes adecuados. Otro hecho es que el riego es importante para garantizar el éxito de un campo de producción de semillas que tiene un valor alto y no puede estar muy expuesto a riesgos como la falta de agua en los momentos más críticos del cultivo.

Además de ello, el riego facilita la siembra de las líneas hembra y machos en momentos diferentes, que eventualmente es necesarios, considerando que son líneas genéticamente diferentes y que pueden presentar ciclos distintos. El parental que florece más tarde debe ser sembrado primero para que haya coincidencia de floración y exista hibridación. Otros aspectos se refieren a las labores culturales, como la fertilización, control de malezas (plantas dañinas), control de plagas y también control de enfermedades.

Las reglas de oro al establecer un cultivo se orientan a regar inmediatamente después de la siembra, aplicar entre 15 a 25 mm de agua, dependiendo de la humedad de la cama de semilla, y repetir riegos de 4 a 8 mm cada 3 a 4 días, hasta lograr la emergencia completa.

Hay sistemas de irrigación de eficiencia superior o inferior y con más o menos impacto negativo. Si la irrigación es necesaria, entonces los agricultores orgánicos deberían seleccionar cuidadosamente un sistema, que no sobre-explote la fuente de agua, no dañe el suelo y no tenga un impacto negativo en la salud de la planta.

Una opción alentadora son los sistemas de irrigación por goteo. De un tanque central, el agua es distribuida por las tuberías delgadas agujereadas directamente a cada planta, hay un flujo continuo pero muy ligero de agua, permitiendo así el suficiente tiempo para infiltrar la zona de la raíz de los cultivos, de este modo se pierde un mínimo de agua y el suelo no está afectado negativamente.

El establecimiento de sistemas de irrigación por goteo puede ser muy costoso, sin embargo algunos agricultores han desarrollado sistemas de irrigación por goteo de bajo costo usando materiales localmente disponibles (Figura 4). No importa qué sistema de riego el agricultor escoja, este alcanzará eficiencia superior si está combinado y acompañado de medidas para mejorar la estructura del suelo y la retención de agua en éste, como está descrito arriba.



Figura 4. Sistemas alternativos de riego por goteo para parcelas de producción de semilla artesanal

Aislamiento

El aislamiento es necesario: 1) para evitar la contaminación por polinización cruzada con una cultivar diferente pero afín; y 2) para impedir mezclas mecánicas durante la cosecha. Se logra principalmente por la separación, pero también puede lograrse encerrando plantas o grupos de ellas en jaulas, cubriendo las flores individuales o quitando las partes masculinas de la flor y recurriendo luego a la polinización artificial.

En la producción de semillas de plantas autógamias, para impedir las mezclas mecánicas durante la cosecha es necesario separar las cultivares diferentes. La distancia mínima que de ordinario se especifica entre parcelas es de 3 m. Durante la cosecha, se deben mantener separadas las semillas de las distintas cultivares. Cuando se cambia de una cultivar a otra, es indispensable efectuar una cuidadosa

limpieza del equipo de cosecha. En forma similar, los sacos y otros recipientes que se utilicen para guardar las semillas deben limpiarse con todo cuidado para eliminar las que hayan quedado de lotes anteriores.

En la producción de semilla de plantas polinizadas por el viento o por los insectos, se necesita una separación mucho más considerable. La distancia mínima entre cultivares depende de varios factores, como el grado de polinización cruzada natural, el agente polinizador, la dirección de los vientos prevalecientes y el número de insectos presentes. Para plantas polinizadas por insectos, la distancia mínima es de 0,4 a 1.6 km.

La distancia a que deben separarse cultivares de planta polinizadas por el viento depende de la especie o tipo de planta. La distancia que de ordinario se especifica para maíz es de 0.2 km, pero esa distancia puede reducirse sembrando surcos de bordo del cultivar polinizador.

La polinización cruzada se efectúa entre ciertas cultivares y no entre otras. En general, cualquier cultivar puede contaminar a otras de la misma especie; puede o no contaminar cultivares de especies diferentes pero del mismo género, y con rareza contaminará a las que pertenezcan a otro género. Dado que es posible que la clasificación hortícola no indique relaciones taxonómicas, los productores de semillas deben estar familiarizados con las relaciones botánicas existentes entre cultivares que siembran.

Eliminación de Plantas Atípicas

En los campos productores de semilla, se debe efectuar un desmezclado, eliminando las plantas fuera de tipos, las de otras cultivares y las malezas (Se realiza en el campo, en las etapas de plántula, floración y fruto). Un bajo porcentaje de esas plantas puede no afectar seriamente el comportamiento de ningún lote de semillas en particular, pero la presencia continuada de ellas conducirá, con el transcurso de cierto tiempo, a la deterioración del cultivar. Plantas fuera de tipo pueden aparecer debido a que aún en cultivares muy homocigotas hay presentes genes recesivos. Dichos genes pueden originarse por mutación, un proceso que ocurre de continuo con una tasa baja. Es posible que el efecto de gen mutante recesivo que controle una característica dada de una planta no se observe de inmediato en la planta en que se origina. La planta se vuelve heterocigoto para ese gene y en una generación subsecuente se agrega y el carácter aparece en la descendencia. Algunas cultivares tienen genes mutables que de continuo producen individuos fuera de tipo. Las plantas individuales fuera de tipo deben eliminarse de los campos de producción de semillas antes de que se efectúe la polinización. Para

ello se requiere efectuar inspecciones regulares de los campos productores de semillas con personal experimentado.

Las plantas espontaneas, que nacen de semillas plantadas accidentalmente o de semillas producidas por cultivos previos, constituyen otra fuente de contaminación. En los campos que se destinen al cultivo de una variedad específica no se debe sembrar durante varios años anteriores alguna cultivar que potencialmente pueda ser contaminante.

Polinización

En la producción de semillas de hortalizas es de suma importancia la polinización para obtener semillas de buena calidad (Figura 5), por lo que la colocación de colmenas es de suma importancia, estas se colocan entre 8 a 12 colmenas por hectárea para asegurar una adecuada polinización cuando se inicie la floración, de tal forma que se produzca gran cantidad de semilla, sino la formación de esta, será un fracaso.



Figura 5. Polinización entomófila en albahaca (*Ocimum basilicum*) y polinización manual en melón (*Cucumis melo*)

Manejo de malezas

Es importante en lotes de producción de semillas, para evitar la competencia por nutrientes y por el hecho de que varias malezas son hospederas de plagas y enfermedades. Además, existen numerosas malezas que fructifican simultáneamente a la maduración del cultivo, lo que facilita la contaminación de semillas al momento de la cosecha. Los productores deben mantener limpio el cultivo durante todo el ciclo, principalmente antes de la floración. El control más utilizado es el manual (Figura 6), donde se asocian dos tipos de herramientas (azadón y machete).



Figura 6. Eliminación de malezas en forma manual en una parcela orgánica (UABCS).

Al tener un efecto directo en la competencia de ciertos elementos como agua, luz, nutriente y en segundo lugar indirectamente, siendo lugar de refugio de enfermedades y plagas, además nos daría más trabajo en los que sería procesamiento de la semilla en la cosecha, es por ese motivo de controlarlos eliminándolas por el método cultural (desahijé), utilizando diversos métodos como aporques y por último el uso de herbicidas naturales como el vinagre.

El control de malezas en lotes de producción de semillas es importante, no solo por la competencia que se produce, sino también por el hecho de que varias malezas son hospederas de plagas y enfermedades. Además, existen numerosas malezas que fructifican simultáneamente a la maduración del cultivo, lo que facilita la contaminación de semillas al momento de la cosecha.

Se recomienda mantener limpio el cultivo en todo el ciclo, principalmente antes de la floración. Existen varios métodos para el control de malezas; la selección del método en el caso específico depende de factores tales como el agroecosistema en que crece el cultivo, la topografía del terreno, la composición de la población de malezas, la variedad los costos y otros.

Entre las prácticas que se practican, que favorecen al cultivo y crean ambiente desfavorables para el crecimiento de las malezas se pueden mencionar las siguientes:

- Rotación de cultivos
- Densidad de siembra adecuada
- Deshierba manual con azadón hasta el inicio de la floración, machete u otra herramienta después de la floración.
- Deshierba mecánica (cultivadora)
- Uso de leguminosas de cobertura
- Manejo de plagas

Comienza con la selección de buena semilla, controles de malezas, épocas de siembra e identificación de lotes libres de plagas y enfermedades; así como el manejo adecuado y oportuno de las mismas. Esto resulta más efectivo que los controles realizados a la suerte o por costumbre y permite producir plantas con mejor desarrollo. Se deben realizar muestreos de plagas para determinar si es necesario el control mediante la aplicación de un insecticida biológico.

Los insectos dañinos como los picadores - chupadores (chinches), pulgones y comedores de tallo y el mismo fruto son perjudiciales, hasta el punto que también puede ser transmisores de enfermedades como los virus que generalmente son transmitidos por chicharritas y áfidos. En los que se refiere en la producción de semilla debemos cuidar nuestro campo en el período de la floración en adelante, pudiendo complicar si no tomamos medidas oportunamente. Es por eso que debemos combatirlos con métodos etológicos (trampas de luz, plásticos amarillos), biológicos (uso de insectos benéficos), el método químico no se utiliza porque pudiera darnos problemas después de su aplicación ya que matar también los fitófagos e insectos benéficos como las abejas que son nuestros polinizadores.

Se pueden utilizar diferentes métodos de control como son:

Uso de feromonas: En el uso de estas sustancias tenemos distintas técnicas como: monitorización de poblaciones, capturas masivas, atracción y muerte, confusión, entre otras.

Uso de reguladores de crecimiento de insectos: Los efectos que surgen del empleo de estas sustancias, dependen del estado en que se encuentra el organismo de los insectos y de sus condiciones fisiológicas en el momento de la aplicación. Pueden ser:

- Inhibición del desarrollo de las larvas, de forma que no lleguen a realizar la ninfosis.
- Ruptura de la metamorfosis, impidiendo la emergencia de los adultos.
- Alteración del sistema reproductor y del metabolismo, induciendo incluso la diapausia o interrumpiéndola.

Uso de microorganismos entomopatógenos: Utilizamos ciertos microorganismos que desencadenan enfermedades en los artrópodos y finalmente producen su muerte, como son virus, bacterias, hongos, nemátodos y protozoos.

Uso de entomófagos: Se trata del uso de artrópodos parásitos o parasitoides de otros artrópodos, que afectan negativamente a nuestros cultivos. Una gran ventaja de la agricultura ecológica en este sentido, es que al realizar pocos tratamientos fitosanitarios, y estos son a su vez poco virulentos, nos encontramos con una población permanente de ácaros e insectos benéficos, que disminuyen las poblaciones de las distintas plagas.

Básicamente, los siguientes son los productos más utilizados para controlar las plagas y enfermedades, en la agricultura orgánica.

Aceite de neem: El árbol de Neem, proviene de los bosques asiáticos, y ha desarrollado un sistema de defensa eficaz contra los insectos. Los componentes en los frutos, las hojas y la corteza del árbol, impiden a los insectos dañar al árbol. Las sustancias activas del neem como la azadiractina, puede vencer a más de 250 especies de insectos que dañan a las plantas y a los cultivos.

Los frutos que produce este árbol son drupas pequeñas, indehiscentes, en forma de nuececillas, verdes o amarillas cuando maduran, de aproximadamente 1,5 centímetros de largo, presentando una sola semilla.

Con este tipo de aceite el insecto no muere fulgurantemente, sino que pierde su apetito y no puede dañar a la planta que le resulta repulsiva. Bloquea también las hormonas que regulan los procesos metamórficos de la plaga evitando la muda.

Extracto de ajo: Es un repelente de insectos que posee alicina, que es una sustancia activa con propiedades antibióticas y vitamínicas. Son varias las formas de actuación de esta sustancia en la lucha contra plagas. En primer lugar el ajo es absorbido por la planta, con lo que altera su olor natural, resultando de esta forma repulsiva para la plaga. Otro efecto es que enmascara las feromonas producidas por los insectos, disminuyendo el apareamiento, causa trastornos digestivos al insecto y produce un efecto sobre-excitante en el mismo, con lo que se muestran alterados y confusos.

Rotenona: Se extrae de raíces procedentes de leguminosas tropicales, y se utiliza principalmente como insecticida y acaricida. Actúa por contacto e ingestión, afectando al sistema nervioso del parásito. Es fotodegradable, al igual que ocurre con gran parte de productos fitosanitarios ecológicos, por lo que debe emplearse en horas de baja luminosidad.

Trichoderma: Este hongo actúa contra gran parte de los hongos patógenos de suelo, además de ser bioestimulante del sistema radicular. Actúa por micoparasitismo (se alimenta de los hongos patógenos), por antibiosis (produce enzimas que segregan antibióticos que matan al hongo patógeno), y por ocupación (ocupa el nicho ecológico del sustrato impidiendo la multiplicación y crecimiento del hongo patógeno).

Para el control de enfermedades fúngicas se suelen emplear sobre todo productos a base de cobre, pero al igual que decíamos anteriormente, las medidas preventivas son más importantes que las curativas.

Extractos para el control de plagas:

Extracto de semilla de Neem

Moler 0.5 a 1.2 kg de semilla de Neem.

Colocar el polvo en un recipiente y agregar agua.

Dejar en reposo por un máximo de 24 horas.

Colar la mezcla en una manta.

Agregar agua hasta 12 litros.

Agregar una octava parte de jabón de barra (a base de hidróxido de sodio), disuelto en agua como adherente.

Aplicar el extracto al cultivo en horas de la mañana.

Extracto de ajo:

Machacar 120 g de ajo y dejarlo reposar en 2 cucharadas de aceite mineral.

Disolver 28g de jabón de barra (a base de hidróxido de sodio) en agua.

Mezclar las dos soluciones anteriores y filtrarlas.

Diluir el extracto en 10 litros de agua.

Aplicar el extracto al cultivo en horas de la mañana.

Manejo de enfermedades

Las semillas a ser sembradas para la producción de semilla deben ser tratadas por:

- Tratamiento de semilla con fungicidas naturales como cobre y azufre, para así asegurar que la semilla esté libre de enfermedades.
- Limpieza de semillas; se utilizan dos criterios, el primero el tamaño y después el peso, los más livianos al considerar enfermos o débiles y se debe descartar. En el tamaño se separa las semillas pequeñas que puede prevenir de plantas enfermas.
- Eliminación de plantas enfermas; la eliminación debe ser mecánica de estas como del rastrojo del cultivo anterior.
- Uso de variedades tolerantes, es el método más efectivo o ideal.
- En el caso de las enfermedades, se debe hacer controles preventivos con productos fungicidas biológicos (cobre, azufre) cada 15 días, si se llegara a detectar presencia de enfermedades, los lotes se descartan y se dejan únicamente para producción comercial.

COSECHA

Se realiza a madurez fisiológica de la semilla; los cuales son los cambios de morfología, fisiología, y funcional que ocurre en la semillas desde la fertilización hasta la cosecha. Es muy importante para el

manejo de la semilla ya que cualquier demora en la cosecha de las semillas después de haber alcanzado la madurez fisiológica (Figura 7) que equivale a almacenar la semilla en el campo por lo que no es un punto muy adecuado. Cuando alcanza la Madurez fisiológica se encuentra con poca humedad y por lo tanto es ideal secarlo para poder almacenar en un sitio natural.



Figura 7. Cosecha de semilla artesanal de brócoli (*Brassica oleracea*), cilantro (*Coriandrum sativum*), avena (*Avena sativa*) y frijol dolichos (*Dolichos lablab*).

Para ser cosechada la semilla debe tener una humedad del 12 al 15%, esta humedad se puede realizar mediante un probador de humedad eléctrico que mide directamente el porcentaje de humedad de las semillas. Se sacan varias sub-muestras de un lote, luego se mezclan para obtener una muestra representativa para realizar el análisis.

Manejo de la cosecha: Se debe contar con un equipo de secamiento

- Podemos cosechar temprano secar en madurez fisiológica lo cual nos daría las pérdidas por insectos.
- Al cosechar y secarlo puedo almacenarlo por más tiempo la semilla preservando el vigor de la semilla.
- Un adecuado equipo de secamiento nos facilita los medios de producción y podemos procesar la semilla a medida que cosechamos.
- Los daños mecánicos son menores con respecto a la humedad.
- La cosecha temprana nos ahorra la pérdida de semilla en el campo.

Beneficio de la semilla

Limpieza: Esta actividad se realiza con la finalidad de eliminar todos aquellos materiales indeseables. El sistema tradicional de limpieza es el “venteo” en el cual se aprovecha el viento, esta se realiza para

cultivos como frijol, maíz, trigo, avena, mientras que para hortalizas se realiza mediante cribas pequeñas.

Secado de la semilla: La semilla debe estar seca antes de ser almacenada para que su viabilidad pueda mantenerse durante el período de almacenamiento. El contenido de humedad no debe sobrepasar el 12%. En la práctica, el secado se realiza en mallas o zarandas aprovechando la energía solar. Se lleva a cabo en horas donde los rayos solares no caen directamente sobre la semilla, es decir evitando las horas del mediodía.

Selección: Se hace más fácil y eficiente cuando se realizan controles de calidad en el campo, sin terrones, piedras, ni daños físicos durante el aporreo. Después de estas prevenciones y de efectuar la limpieza, la selección final elimina los granos de tamaño anormal, semillas inmaduras, quebradas, arrugadas y otras que por razones de tipo agro-nómico o patológico no alcanzan el tamaño normal. La selección pasa por las siguientes etapas

Durante el secado en zarandas o mallas de alambre se eliminan materiales extraños. Las semillas que han sido zarandeadas deben de ser de tamaño uniforme y están libres de material extraño.

Posteriormente, se hace una clasificación con la mano, se remueven las semillas manchadas, descoloridas, visiblemente podridas, piedras y terrones que por su tamaño igual al de la semilla, no se eliminaron con la zaranda.

Envasado y almacenamiento: Se puede proteger con productos naturales que sean accesibles para la mayoría de las personas, tales como cenizas, trozos de jabón azul o pimienta. También se usan trozos de carbón vegetal para absorber el exceso de humedad del ambiente, además se utilizan envases limpios.

Protección de semillas

La semilla es la parte del fruto que permite la reproducción vegetativa de las plantas. Esta tipo de reproducción es la más importante para la sobrevivencia de una especie en nuestro planeta ya que hace posible que individuos más resistentes más adaptados y de mejor calidad trasmitan sus atributos a su descendencia. Por tanto, la protección de las semillas resulta un tema obligadamente abordado en la sanidad vegetal de la agricultura orgánica.

La semilla es un concepto botánico que aplica a esta parte de la planta cuando es destinada a la reproducción vegetativa, mientras que el concepto grano, aunque se refiere a la misma parte de una planta, aplica a las semillas para fines de consumo directo y aquella usadas como materia prima para procesos industriales. En este capítulo, hacemos referencia a las semillas para guardar congruencia con

el título del trabajo. No obstante, la gran mayoría de estrategias de protección son aplicables tanto a las semillas como a los granos.

La protección de los cultivos, así como de las semillas se lleva a cabo esencialmente de manera preventiva en la agricultura orgánica. Las medidas curativas son solo un complemento. La presencia de organismos dañinos a niveles poblacionales críticos demuestra la ausencia de medidas preventivas efectivas. La infestación de semilla puede resolverse con algunos productos curativos de naturaleza orgánica aunque hay que reconocerles sus limitaciones frente a los insecticidas sintéticos tóxicos.

Los organismos más dañinos para las semillas son roedores, insectos y, secundariamente, hongos y bacterias. Entre los roedores más nocivos se encuentran todas las especies las ratas (casera y de campo) y ardillas. Las medidas de protección contra estos organismos resultan más sencillas dado que son esencialmente mecánicas. Estas medidas incluyen un diseño y mantenimiento del almacén adecuados a efecto de evitar que los roedores ingresen al almacén. Una vez que los roedores han ingresado al almacén, su presencia puede ser descubierta con facilidad dado las evidencias inequívocas que representan las huellas, el excremento y los nidos. En estos casos, las medidas de protección son esencialmente mecánicas (trampas). Existe una variedad de dispositivos para atrapar roedores, además de aquellos que los productores pueden crear en base a su ingenio e iniciativa.

Los insectos es el otro grupo de organismo que atacan a las semillas en el almacén. La mayoría de las semillas son atacadas por más de 20 especies de insectos. Todas estas especies pertenecen a dos Ordenes: Lepidóptera y Coleóptera. Las especies de Lepidóptera son llamadas comúnmente palomillas o polillas. En cambio, las especies de Coleóptera son llamados gorgojos escarabajos o picudos.

Los microorganismos, como hongos y bacterias que atacan a las semillas en el almacén son de diferentes especies. El desarrollo y sobrevivencia de estos microorganismos son promovidos por excesos de humedad y temperatura. Temperatura por arriba de los 35⁰ C resulta inadecuada para la protección de las semillas. De igual manera, semillas con más de 13% de humedad es de alto riesgo para la protección de las semillas. Explicar aquí el manejo el manejo de temperatura y humedad en el almacén es un objetivo más allá de lo que se propone en este capítulo. . Por lo que resulta altamente recomendable es consultar un manual para el almacenamiento y conservación de cada especie de semilla en particular.

La mayoría de las plagas de semillas atacan en el campo, por lo tanto prácticas de cosecha son necesarias para evitar la infestación en campo, entre otras:

- Cosechar en cuanto la semilla haya madurado porque cada día que la semilla permanece en el campo está expuesta a la invasión por insectos.

- Una vez que el grano es cosechado, guárdelos en un lugar cerrado sin acceso para los insectos.
- En caso de que la cosecha se realice en “greña” para separar el grano de la paja manualmente, el material cosechado debe cubrirse para evitar la entrada de insectos.
- Idealmente, la semilla debería ser almacenada en un cuarto frío con el propósito de evitar el desarrollo de cualquier población de insectos, incluso, microorganismos.
- El almacén de las semillas debe limpiarse antes de introducir la cosecha nueva a fin de eliminar organismos, insectos principalmente, que hayan quedado de la semilla almacenada anteriormente. Aun si el almacén estuvo vacío, los insectos pueden invadir los almacenes en busca de refugio y/o atraídos por el olor a semilla que conserva un almacén.

Por lo general, en cada región agrícola, existen plantas nativas que pueden aprovecharse para proteger las semillas. Estas plantas, una vez deshidratadas, son molidas en partículas finas para ser mezcladas con las semillas. Un molino manual puede ser utilizado en para el molido de plantas que resulten efectivas en la protección de las semillas. En Baja California Sur, existen especies como la planta conocida como cacachila, *Karwinkia parvifolia* Rose, cuyas hojas molidas pueden ser efectivas para eliminar gorgojos del maíz. También las semillas del árbol conocido como colorín, *Eritrina coralloides* DC, pueden molerse para mezclarse con las semillas para eliminar gorgojos en el maíz. Estos resultados de ambas plantas indican que podrían ser efectivas también para otras especies que atacan las semillas en almacén. Es recomendable la evaluación de estas y otras especies para usarlas para la protección de otras semillas contra otras especies de plagas de semillas.

Los materiales higroscópicos, como la sal y la cal entre otros, pueden ser evaluados para la protección de las semillas, ya que estos materiales bajan el contenido de humedad en el ambiente entre las semillas. Un ambiente pobre en humedad es mortal para la gran mayoría de los insectos que atacan las semillas.

El Instituto de revisión de materiales orgánicos (OMRI, por sus siglas en Inglés) tiene autorizado un insecticida orgánico elaborado a base un material conocido como tierra de diatomeas. Uno de los nombres comerciales es Insecto, el cual es elaborado a base de una materia prima encontrada en el fondo de cuerpos de agua salada donde existen acumuladas cantidades importantes de unos desechos de organismos marinos conocidos genéricamente como diatomeas.

Para su uso eficiente del Insecto[®] e recomienda llenar los recipientes de semilla y colocar una capa de aproximadamente 0.5 cm de espesor en la parte superior del recipiente. En caso de existir evidencias de que las semillas están infestadas es necesario mezclar el producto con el Insecto[®] a fin de logra eliminar los insectos. Este producto no es toxico, sino que su modo de acción es, más bien, físico y mecánico.

Por una parte, baja el contenido de humedad ambiental en los recipientes que contienen las semillas y, por otro, su efecto sobre el cuerpo del insecto es de abrasión. Esto significa que una vez que el material se pone en contacto con el cuerpo del insecto, causa un desgaste excesivo en las articulaciones de los insectos impidiéndole el movimiento normal.

Prueba de germinación: Para verificar la vida de la semilla se colocan 100 semillas bien distribuidas sobre unas hojas de papel periódico humedecido, luego se tapan con hojas de papel higiénico o servilletas (Figura 8), se humedece bien y se coloca en un lugar seguro, fresco, con buena iluminación, humedeciéndolo diariamente. A los siete días se puede realizar el conteo de las plantas germinadas, el total de plántulas de cada 100 semillas es el porcentaje de germinación. Una buena semilla debe tener una germinación mayor a 85%.



Figura 8. Prueba de germinación de semilla artesanal de maíz (*Zea mays*) orgánico

De esta manera la semilla estará lista para ser sembrada con la suficiente confiabilidad en la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica para un buen establecimiento y producción.

LITERATURA CITADA

- Beltrán-Morales, F. A., Fenech-Larios, L., Ruiz-Espinaza, F. H., Zamon-Delgado, S., Murillo-Amador, 8., García-Hernández, J.L. y Troyo-Diéguez, E. 2004. Tópicos Selectos de Agronomía. Ed. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Universidad Autónoma de Baja California Sur. 260 p.
- Beltrán-Morales A., J.L García -Hernández, R. D. Valdez- cepeda, B, Murillo-amador, E. Troyo-Diéguez, J. Larrinaga-mayoral, F.H. Ruiz-Espinoza/ L. Fenech-Larios y F. García-Rodríguez, 2005. Efecto de sistemas de labranza e

- incorporación de abono verde en la recuperación de la fertilidad de un suelo areno-migajoso. Terra Latinoamericana. Vol. 23, Núm 3.381-387. México,
- CATIE. 1997. Evaluation of three *P. erosus* accessions for seed production under Turrialba conditions. In: The yam bean project at CATIE, Costa Rica: Final Scientific Report. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). P. 45-50
- Camacho M. Francisco. 1999. Dormición de las semillas, causas y tratamientos, editorial trillas
- CIDICCO, 2000. La jícama (*Pachyrhizus erosus*): Una opción para generar ingresos y conservar los suelos. Tegucigalpa, Honduras. Noticias sobre cultivos de cobertura No. 11.P. 8
- Fundeagro. 1999. Manual de control de calidad de semillas. Lima, Perú.
- García-Hernández, J.L., Valdez-Cepeda, R.D., Troyo-Diéguez, E., Beltrán-Morales, F.A. Ávila-Serrano, N.Y., Loya, J.G., Fenech, L., Ruiz F.H., Díaz, O., Murillo-Amador, B. 2004a. Monitoreo de plagas potenciales en el cultivo de chícharo orgánico en Mulegé, B.C.S. pp. 35-39. In: 7º. Ciclo académico agropecuario. U.A.B.C.S. La Paz, B.C.S. 24-26 de noviembre de 2004.
- HortScience; A Publication of the American Society for Horticultural Science. Diurnal Temperature Variation of the Root and Shoot Affects Yield of Greenhouse Tomato. Vol. 26 N°9 Sep. 1991, Pag. 1160-1162.
- HortScience; A Publication of the American Society for Horticultural Science Improvement of carrot Stands with Plant Bioestimulants and Fluid Drilling. Vol. 25 N°2 Feb. 1990. Pag. 181-184.
- Hudson T. Hartman, Dale E. Deste, Fred D. 1998. Propagación de planta, principios y prácticas. Compañía editorial Continental S.A. de C.V. México.
- Instituto Nacional de investigación y tecnología agraria. 1997. Manuel de selección de masas productoras de semilla. Madrid – España
- Morant, Alicia., Miranda, Rubén., Salomon, Nelly. 2004. Procesamiento y Análisis de Semilla. Universidad Nacional del Sur de Argentina
- Moreno, M.E. 1984 Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. Instituto de Biología. México.
- Murillo- Amador, B., Rueda-Puente, E.O., Ruiz-Espinoza, F.H., García-Hernández, J.L., Beltrán-Morales, F.A. 2010. (eds) Agricultura orgánica. Temas de actualidad. Editorial Plaza y Valdez. México, D.F. 398p.
- Mujica M.M., 1996. Remoción del estado de dormición. Revista de la facultad de Agronomía ISSN la plata Argentina.
- Saray Siura, 1999. Apuntes de clase práctica en propagación de plantas. Departamento de horticultura. UNALM.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación 1993 Guía para la tecnología de las semillas de hortalizas.
- Raymond y George T. 1990. Producción de semillas de plantas hortícolas. Ediciones Mundi-Prensa
- Ruiz Espinoza. F.H. 2004 LAS SEMILLAS: Biología, Vigor y Relevancia en la Producción Agrícola. Troyo Diéguez, E. editor CIBNOR-UABCS. Fondo Sectorial CONACYT-SAGARPA La Paz, B.C.S. México.
- Ruiz Espinoza F. H., Marrero Labrador P., Cruz La Paz O., Garcés-Pérez N. 2006. Capítulo: Producción de Semillas de Albahaca Mediante Métodos Conservacionistas: LIBRO: La Agricultura Orgánica en Baja California Sur EDITORIAL: CIBNOR-UABCS Primera Edición ISBN: 968-5715-48-3 PÁGINAS LIBRO: 287, PÁGINAS CAPITULO: 14
- Ruiz Espinoza F. H., Marrero Labrador P., Cruz La Paz O., Beltrán Morales, A., Díaz Viruliche, L. 2007. Métodos de Labranza e Incorporación de Frijol Dolichos (Lablab purpúreos, Sweet) como Abono Verde en la Producción de

Semillas de Albahaca (*Ocimum basilicum* L) en un Yermosol Háptico. Revista: Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 16 Número 003 (90-94)

Ruiz Espinoza F. H., Marrero Labrador P., Cruz La Paz O., Murillo Amador B, García Hernández J.L. 2008. Influencia de los Factores Agro climáticos en la Productividad de Albahaca (*Ocimum basilicum* L) en una Zona Árida de Baja California Sur, México. Revista: Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 17 Número 001 (44-47).

Vides A., Luis; Garay, A. 1995. Diagnostico de los sistemas de abastecimiento de semillas. Guatemala UNC volumen 45.

Capítulo XV

SOLUCIONES NUTRITIVAS PREPARADAS CON FUENTES ORGANICAS DE FERTILIZACION

Pablo Preciado Rangel¹, Francisca Sánchez Bernal², Vicente Arturo Velazco Velazco³, Jesús Frías Pizano⁴, Manuel Fortis Hernandez¹, José Luis García Hernández⁵, Edgar Omar Rueda Puente⁶ y Cándido Márquez Hernández⁷

¹Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coah; ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro -Unidad Laguna, Torreón, Coah; ³Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; ⁴Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto; ⁵Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Gómez Palacio, Durango. ⁶Departamento de Administración Agropecuaria. Unidad Santa Ana, Universidad de Sonora. Ciudad Santa Ana, Sonora. ⁷Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango. Proyecto financiado por DGEST: 3420.10-P

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de algunos trabajos relacionados con el uso de soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización. La fuente de mayor utilización a nivel nacional es el estiércol de ganado bovino, el cual se utiliza para preparar algunos sustitutos de la solución nutritiva. Entre tales sustitutos se encuentra el extracto líquido de estiércol, el té de compost, la vermicomposta, e inclusive la orina humana. Los resultados indican que estas fuentes orgánicas presentan la mayoría de los elementos esenciales para la nutrición de los cultivos; sin embargo, estas soluciones orgánicas no se encuentran balanceadas, ya que se pueden observar concentraciones en exceso o en déficit, altos niveles de salinidad y/o pH, por lo que es necesario un acondicionamiento antes de su utilización. .

Palabras claves: *Hidroponía orgánica.*

SUMMARY

This paper presents the results of some work related to the use of nutrient solutions prepared with organic sources of fertilizer. The source of highest utilization at the national level is the cow manure, which is used to prepare some substitutes for the nutrient solution. Among these substitutes are the liquid extract of compost, compost tea, vermicompost, and even human urine. The results indicate that these organic sources have most of the essential elements for crop nutrition; however, these organic solutions are not balanced, and these can be observed at concentrations in excess or deficit, high salinity and/or pH, so conditioning is required before use.

Key words: *Organic Hydroponic.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la técnica de cultivos sin suelo, es ampliamente utilizada para la producción de hortalizas en invernadero. En este sistema se requiere un continuo abastecimiento de nutrientes, los cuales son proporcionados por la solución nutritiva (SN), la cual contiene los elementos esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos. El conocimiento de su preparación y manejo cómo permite aprovecharla al máximo, para obtener un mayor rendimiento y calidad de los frutos. Los sistemas hidropónicos se clasifican en sistemas abiertos y cerrados, en el sistema hidropónico abierto, la SN se suministra a la planta dos o tres veces al día. En sistemas cerrados, en los cuales se recicla la SN), es necesario realizar al menos dos riegos, en ambos sistemas la frecuencia de los riegos los determina la planta (etapa fenológica), las condiciones ambientales y la capacidad de retención del sustrato, entre otros factores. En los sistemas cerrados es necesario renovar o cambiar la SN, debido a que los cultivos presentan una mayor absorción de agua que de nutrientes, provocando una acumulación de sales, además la liberación de compuestos orgánicos por las raíces de las plantas, representan una fuente potencial para la presencia de patógenos en la SN. En este sistema es recomendable la renovación semanal de la SN, o reponer aquellos nutrientes que se encuentren en una concentración menor del 50 % con respecto a la concentración original. La Comarca Lagunera presenta un crecimiento acelerado construcción de invernaderos y casa sombra, aunado a que existe la mayor cantidad de cabezas de ganado con más de 400,000 cabezas de ganado bovino y un número similar de ganado caprino. Derivado de la explotación intensiva de ganado lechero se estima que la generación de estiércol seco es de $3 \text{ a } 4 \text{ kg} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{cabeza}^{-1}$, lo que representa cerca de 1,000,000 kg de estiércol seco por día (Salazar *et al.*, 2004); este estiércol producido en las regiones ganaderas

representa una fuente potencial de contaminación ambiental, debido al manejo inadecuado y la aplicación excesiva en suelos agrícolas (Capulín *et al.*, 2001). Existe un enorme potencial para el aprovechamiento de estos desechos pecuarios (estiércol); ya que pueden ser procesados para obtener composta y algunos subproductos, para la nutrición de los cultivos. Las soluciones nutritivas se elaboran con fertilizantes de alta solubilidad, que generalmente son importados, lo que incrementa los costos de producción de siembra a cosecha (Muñoz 2004). Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes inorgánicos es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como: extracto líquido de estiércol (Capulín *et al.* 2001; Capulín *et al.* 2005; Capulín *et al.* 2007), lixiviado de compost (Jarecki & Voroney 2005), té de composta (Ochoa *et al.* 2009), orina animal (Powell & Wu 1999), e incluso la orina humana (Heinonen *et al.* 2007; Mnkeni *et al.* 2008). En el presente trabajo se describe la solución nutritiva y algunos trabajos existentes para su sustitución en la producción de hortalizas.

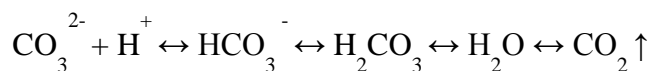
SOLUCIÓN NUTRITIVA

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y todos los nutrientes esenciales en forma iónica, eventualmente algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro, y algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998). La precipitación de algunas formas iónicas de los nutrientes, puede ocasionar su deficiencia en la planta, además, de un desbalance en la relación mutua entre los iones. Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los nutrientes. En caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrientes, lo que dará lugar a excesos o déficits en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón, 1997).

El pH de la solución nutritiva

El pH de la SN se determina por la concentración de los ácidos y de las bases. El pH se define una vez que se establece la proporción relativa de los aniones y los cationes, y la concentración total de ellos en me L^{-1} , lo cual significa que el pH es una propiedad inherente de la composición química de la SN y no puede cambiar independientemente (De Rijck y Schrevens, 1998). El pH apropiado de la SN para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la SN no es estático, ya que depende de la concentración de CO_2 en el ambiente, de que la SN se encuentre en un

contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada, etc. El pH de la SN se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos (HCO_3^-) en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH, provocan la inmovilización del P, Mn y Fe en la zona radical (Rincón (1997)); además, con un alto pH en la SN, el Ca y el Mg pueden precipitarse con el HPO_4 (De Rijck y Schrevens, 1998; Amiri y Sattary, 2004). Al preparar la SN, el pH del agua utilizada debe de tener un pH de 5.5; después de hacerlo, se mide nuevamente el pH y se hacen los ajustes necesarios, hasta que quede en 5.0, pero en caso de que sea mayor a 5.5, nuevamente se añade un ácido fuerte. Para bajar el pH se puede emplear un ácido comercial, por ejemplo, ácido nítrico (HNO_3), fosfórico (H_3PO_4) o sulfúrico (H_2SO_4). Al neutralizar estas especies químicas mediante la aplicación de un ácido, ocurren las siguientes reacciones de equilibrio:



El CO_3^{2-} se transforma a HCO_3^- y éste a ácido carbónico (H_2CO_3); el H_2CO_3 se disocia parcialmente en H_2O y CO_2 . Por lo tanto, el ácido aplicado transforma los CO_3^{2-} y/o HCO_3^- a CO_2 , el cual se volatiliza (De Rijck y Schrevens, 1998).

En algunas ocasiones es necesario incrementar el pH, para lo cual se requiere incluir fertilizantes de reacción básica, como lo son: el nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) o el nitrato de potasio (KNO_3), aunque también se puede utilizarse el hidróxido de potasio (KOH), el bicarbonato de potasio (KHCO_3), hidróxido de sodio (NaOH) o el bicarbonato de sodio (NaHCO_3); estos últimos deben evitarse en lo posible, debido a que el ión sodio, hasta cierto punto, es un ión indeseable en la SN.

Presión osmótica

La total de los iones de las sales disueltas en la SN ejerce una fuerza llamada presión osmótica (PO), misma que aumenta a medida que se incrementa la cantidad de iones presentes en la SN. La PO es una propiedad físico-química de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos. En la medida que la PO es mayor, las plantas deben invertir mayor energía para absorber el agua y los nutrimentos, por lo cual la PO no debe ser elevada (Asher y Edwards, 1983). La PO apropiada para los cultivos depende de la especie y de la variedad (Adams y Ho, 1992). La época del año influye en la PO de la SN que pueden soportar las plantas: en invierno éstas tienen mejor desarrollo con alta PO que en verano. Una alta presión osmótica de la SN induce a una deficiencia hídrica de la

planta y ocasiona un desbalance nutrimental, ya que afecta a los nutrientes que se mueven por flujo de masas, como el NO_3^- , Ca^{2+} y el Mg^{2+} , los cuales se absorben en menor cantidad (Ehret y Ho, 1986). En cambio al disminuir la presión en la SN, se disminuye la absorción de los iones que se mueven por difusión como el P, K y el NH_4^+ (Sonneveld y Voogt, 1990). Empíricamente existen varios procedimientos para determinar la PO de la SN a partir de la CE, la cual indica la concentración total de sales disueltas en el agua:

- a) Se multiplica la CE de la SN por un factor de 0.36 (Rhoades, 1993).
- b) Steiner (1984), calcula la presión osmótica de la SN multiplicando el número total de milimoles por el factor 0.024.

Relación mutua entre iones

Este concepto fue establecido por Steiner en 1961, se basa en la relación mutua que existe entre los aniones NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , y los cationes K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , con los cuales se regula la SN. Tal relación no sólo consiste en la cantidad absoluta de cada ión presente en la solución, sino en la relación cuantitativa que guardan los iones entre sí, ya que de existir una relación inadecuada entre ellos, puede disminuir el rendimiento (Steiner, 1968). La importancia del balance iónico comienza cuando las plantas absorben los nutrientes de la solución nutritiva diferencialmente (Jones, 1997). La razón de esta variación se debe a las diferentes necesidades de los cultivos (especie y etapa de desarrollo) y la diversidad de condiciones ambientales. La restricción de estos rangos, además de ser de tipo fisiológico, es de tipo químico, lo cual está determinado principalmente por la solubilidad de los compuestos que se forman entre el HPO_4^{2-} y el Ca^{2+} , y entre el SO_4^{2-} y el Ca^{2+} . El límite de solubilidad del producto de los iones fosfato y calcio es de 2.2 mmol L^{-1} , y de los iones sulfato y el calcio es de 60 mmol L^{-1} (Steiner, 1984).

Las plantas son selectivas para absorber nutrientes, lo cual significa que al suministrar una SN con una relación arbitraria entre iones, las plantas no absorben los iones en esa misma proporción. Las plantas absorben una mayor cantidad de agua que de nutrientes, por lo cual los nutrientes tienden a incrementar su concentración, además los iones disueltos en la SN cambian su relación mutua debido a su absorción diferencial (Brun y Chazelle, 1996), lo que pudiera provocar un desbalance en la SN, pudiendo ocasionar antagonismo y/o precipitación entre algunos de ellos. Los cationes en la SN son el

K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} ; una parte del N se puede incluir como NH_4^+ , pero en concentraciones inferiores al 25 % del N aportado. La relación entre los cationes es de gran importancia, ya que de no cuidar este aspecto se pueden generar con relativa facilidad deficiencias de N, por lo que es importante evitar no romper el balance entre los nutrimentos.

La relación mutua entre cationes en las plantas varía en función de la etapa de desarrollo, lo cual implica que las plantas tengan demanda diferencial en la relación entre los cationes. Tomando en cuenta la importancia del K^+ en la etapa de producción de frutos para favorecer la calidad de éstos, en ocasiones se genera desbalance entre K^+ con Ca^{2+} y/o Mg^{2+} , al suministrar en la SN cantidades de K^+ que superan 45 % de los cationes, lo que provoca deficiencias de Mg^{2+} y principalmente de Ca^{2+} .

Cuadro 1. Porcentajes mínimos y máximos que pueden presentar los aniones y cationes con respecto al total en la solución nutritiva, sin que estén en los límites fisiológicos o de precipitación.

Rango	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+
Mínimo	20	1.25	10	10	22.5	0.5	0
Máximo	80	10	70	65	62.5	40	15

A continuación de describen algunos insumos utilizados como sustitutos de la solución nutritiva.

Extracto líquido de estiércol.

En México, se estima que el ganado bovino lechero producen 3.8 millones de toneladas de estiércol por año (Márquez *et al.*, 2006), El estiércol producido en las regiones ganaderas es una fuente potencial de contaminación ambiental, debido al manejo inadecuado y la aplicación excesiva en suelos agrícolas. Por tanto, es importante encontrar formas para mejorar el manejo y aprovechamiento agrícola de los estiércoles para contribuir a incrementar el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas, así como para reducir la contaminación ambiental. Una forma de mejorar el manejo del estiércol para evitar la pérdida de nutrimentos es separar el estiércol fresco en sus fracciones sólida y líquida, e incorporar o inyectar la fracción líquida al suelo o a cualquier otro sustrato en distintos sistemas de producción. Capulín *et al.*, (2001), evaluaron la eficiencia del extracto líquido de estiércol bovino en tres formas:

- a) Natural, obtenido de la siguiente manera a 25 kg de estiércol fresco, le fue adicionado 35% de agua como solvente, posteriormente se aplicó presión con una plancha de madera para favorecer la separación de la parte sólida de la líquida, tomando el pH y la CE de la parte líquida.
- b) Acidulado con H₂SO₄, para disminuir el pH (5.5-6.0) y estabilizar el N y mantener en la disponibilidad de los demás nutrientes presentes.
- c) Estabilizado con calor hasta el punto de ebullición, con la finalidad de estabilizar la actividad microbiológica.

La composición química de líquidos de estiércol se presenta en el sí de los extractos líquidos se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Caracterización química del extracto líquido de estiércol de bovino, natural, acidulado y estabilizado con calor.

Parámetro	Natural	Acidulado	Estabilizado	Agua del invernadero
CE (ds m ⁻¹)	15.3	16.1	15.4	0.42
pH	8.1	6.1	8.2	8.11
N-total (mg L ⁻¹)	2129	2158	2092	-
N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	486	505	439	6
N-NH ₄ (mg L ⁻¹)	407	429	396	-
P (mg L ⁻¹)	332	381	283	1.0
K (mg L ⁻¹)	3277	3283	3178	17.0
Ca (mg L ⁻¹)	1117	1325	1004	31.4
Mg (mg L ⁻¹)	647	709	547	34.4
SO ₄ (mg L ⁻¹)	1773	2163	1896	-
Na (mg L ⁻¹)	137	143	149	30
Fe (mg L ⁻¹)	30	42	27	0.2
Mn (mg L ⁻¹)	8.9	6.9	7.3	0.18
Zn (mg L ⁻¹)	7.6	6.7	6.0	0.48
B (mg L ⁻¹)	2.7	2.8	3.4	0.04

Estos tratamientos se compararon con la solución nutritiva de Steiner (1984), cada tratamiento con cuatro niveles de conductividad eléctrica (CE) (2.00, 3.33, 4.67 y 6.00 dS m⁻¹), para disminuir la CE, del extracto líquido se realizaron diluciones con agua, se utilizó tezontle como sustrato y la planta indicadora fue *Lolium perenne*. Las variables evaluadas fueron el rendimiento de materia seca y la concentración nutricional (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn y Na). Los resultados indicaron que el extracto líquido de estiércol, contenía la cantidad total de nutrientes demandada por el *Lolium perenne*; sin embargo la disponibilidad de estos y la producción de biomasa fueron afectados por el pH

y CE, la acidificación del extracto líquido de estiércol, incremento la concentración de N, P, Ca y S en la solución.

Capulín *et al* (2005), utilizó el extracto líquido de estiércol bovino como una solución nutritiva en la producción de tomate hidropónico, la cual para su utilización requiere de un acondicionamiento previo para abatir el alto pH y su alta salinidad, en su elevada conductividad eléctrica (CE). Para el abatimiento del pH, se utilizó ácido cítrico y fosfórico, los resultados después de disminuir el pH con los ácidos se indica en el Cuadro 3. En el cual se muestra que el nitrógeno es el nutrimento en menor cantidad en el extracto de estiércol. Para el resto de los nutrimentos la mayor concentración lo presentan el extracto acidulado con ácido fosfórico, sin acidular y acidulado con ácido cítrico, con lo cual se confirma que el extracto líquido contiene los nutrimentos esenciales, requiriendo complemento de N, P, Ca, S y Fe para formar una solución nutritiva completa y balanceada y que sólo requiere un complemento de algunos nutrientes, de acuerdo con los anteriores resultados se demuestra la superioridad del ácido fosfórico como acidulante, ya que las plantas de jitomate presentaron diferencia significativa en altura, rendimiento, número de frutos y contenido de clorofila

El ácido cítrico, fungió como un agente quelatante que secuestró algunos nutrimentos y disminuyó su disponibilidad, observándose visualmente deficiencias nutrimentales en el cultivo, menor número de frutos y bajo rendimiento en la planta de jitomate.

Cuadro 3. Contenido nutrimental del extracto líquido de estiércol bovino antes y después de ser acidulado y de la solución nutritiva Steiner.

Ion	Solución nutritiva Steiner	Extracto de estiércol sin acidular	Extracto acidulado (H ₃ PO ₄)	Extracto acidulado (ácido cítrico)
----- mg L ⁻¹ -----				
N-NO ₃ ⁻	168	25	28	11
N-NH ₄ ⁺	----	46	69	27
P-H ₂ PO ₄	31	14	308	13
K ⁺	273	207	236	174
Ca ²⁺	180	72	105	68
Mg ²⁺	48	74	79	63
S-SO ₄ ²⁻	112	48	53	21
Na ⁺	--	59	81	58
B	0.5	0.38	0.72	0.39
Cu	0.05	0.31	0.42	0.41
Fe	5.0	1.34	1.83	0.53
Mn	0.05	0.96	1.01	0.82
Zn	0.05	0.90	0.71	0.78

Capulín *et al* (2007), evaluó cinco fuentes para la acidificación del extracto líquido de estiércol: nítrico, fosfórico, sulfúrico, cítrico y acético, los resultados indicaron un cambio en la disponibilidad nutricional por efecto de la acidificación, la presencia de los ácidos inorgánicos incrementan el contenido de macronutrientes en las soluciones nutritivas (aunque no en todos los casos en forma significativa), debido quizá a que estos ácidos destruyen la matriz orgánica aún presente en el extracto líquido de estiércol, liberando los nutrientes contenidos. Lo opuesto se sucedió con los ácidos orgánicos, debido probablemente a la formación de complejos orgánicos no aprovechables de estos radicales con citrato y acetato; De manera general las soluciones acidificadas del extracto líquido de estiércol, presentaron menor contenido de Ca, S- SO_4 , N- NO_3 , P, Fe, Mn y B, a excepción de los nitratos y fósforo cuando se aciduló con ácidos nítrico y fosfórico; mientras que Mg, K, Cu y Zn están en concentraciones similares o superiores al inicio del riego, pero se reducen los contenidos al final del periodo.

En las variables rendimiento y número de frutos por planta, la acidificación con ácido nítrico superó ampliamente al resto de las fuentes acidificantes, ya que este ácido favoreció una mayor disponibilidad de N para las plantas, por lo tanto lograron mayor desarrollo, frutos y rendimiento por planta. Este autor recomienda la acidificación del extracto líquido de estiércol con fuentes inorgánicas y la complementación con sales de calcio, hierro y sulfatos para asemejarse a la solución Steiner en su composición química

Orina humana.

Este líquido orgánico es considerado inocuo y estéril y se puede utilizar sin ningún pre-tratamiento en la fertilización, a menos que se contamine por heces fecales (Höglund *et al.* 2002). Para minimizar riesgos potenciales en la salud humana se recomienda su almacenamiento durante seis meses (Jönsson *et al.* 2004). Durante este tiempo, la hidrólisis de la urea, el contenido de amonio, la temperatura y el incremento del pH en la orina, eliminan microorganismos patógenos y se disminuye el riesgo de infecciones virales (Höglund *et al.* 1998). Al separar la orina de los desechos domésticos se promueve la conservación de los recursos naturales (Larsen *et al.* 2001). Sin embargo, la principal limitante para la utilización de esta solución orgánica es de carácter psicológico (Heinonen & Wijk, 2005), por lo que este recurso se ha subutilizado. La orina se ha utilizado para producir hortalizas como col y tomate y no existe peligro de contaminación microbiológica en los frutos cuando la orina es aplicada al suelo (Pradhan *et al.* 2007; Pradhan *et al.* 2009). Como una desventaja, se ha observado que la orina puede incrementar el contenido de sales en la rizósfera (Jönsson *et al.* 2004), ya que

presenta alta salinidad por lo que su uso en dosis elevadas puede provocar una disminución en el desarrollo y por consecuencia el rendimiento de cultivos sensibles a la salinidad. A continuación se presentan los resultados de la tesis de Maestría Gonzales (2006). El objetivo de fue evaluar el efecto de diferentes diluciones de orina con agua (1:67, 1:40, 1:29, 1:14), con la respectiva conductividad eléctrica: 1, 2, 3 y 4 dS m⁻¹, esta solución fue evaluada en la como fuente de nutrimentos en la producción de plántulas de tomate, utilizando como testigo la solución nutritiva de Steiner (1984), las variables evaluadas fueron el crecimiento y desarrollo de las plántulas, así como la concentración nutrimental. Los resultados mostraron los valores de crecimiento más altos en la solución nutritiva y para el nivel de 1 dS m⁻¹ de orina. Se considera que es factible la utilización la orina a dicho nivel de CE, debido a que se observaron valores estadísticamente similares en variables como número de de hojas, diámetro de tallo, peso seco de raíz, área foliar, y el contenido y actividad de clorofila, así como en la absorción de nutrimentos, incluso, dicho tratamiento de orina presentó mayores niveles de absorción de N con respecto a la solución nutritiva inorgánica utilizada.

Aporte de nutrimentos

La orina tiene un contenido importante de nutrimentos, entre ellos principalmente N; sin embargo, casi todo se encuentra en forma ureica, por lo cual se requiere tratarla para incrementar su transformación a formas disponibles para las plántulas (NH₄⁺ y NO₃⁻). Si todo el N contenido en la orina se transformara a formas aprovechables por las plántulas, se obtendrían directamente 488 mmol L⁻¹, con la dilución de 1:67 el suministro serían 7.3 mmol L⁻¹, aporte aproximado al de la Solución Steiner. Sin embargo, una fracción del N después de los seis meses de colectar la orina aún se encontraba en forma ureica, se estima que otra fracción pudo hidrolizarse en el sustrato, por lo cual, con la dilución 1:67 se considera que el suministro de N para las plántulas fue suficiente. Si todo el contenido de P en la orina se encontrara en forma de H₂PO₄⁻ ó HPO₄²⁻, el aporte sería de 37 mmol L⁻¹ y en la dilución 1:67 sería de 0.555 mmol L⁻¹, esta concentración es sólo ligeramente menor a la de la Solución Steiner, lo cual explica que no se encontraran diferencias de este nutrimento en las plántulas y sólo en el sustrato de los tratamientos evaluados., El aporte de K en la orina directamente es de 45 mmol L⁻¹, esto justifica su dilución; sin embargo, con la dilución de la orina 1:67, la concentración es de sólo 0.67 mmol L⁻¹. Esta concentración es restrictiva para el desarrollo de las plántulas, lo cual se demuestra con la baja concentración de este nutrimento en las plántulas; El aporte de Ca, comparado con los demás nutrimentos, es relativamente el más bajo en la orina, directamente aporta 5.5 mmol L⁻¹, pero al diluirla la concentración se reduce; con la dilución 1:67, la concentración resultante es de sólo 0.082 mmol L⁻¹.

Esto explica parcialmente el menor contenido de este nutrimento en el tejido de las plántulas, pero sobre todo la menor acumulación de Ca en el sustrato, respecto a la de los demás elementos. El aporte de Mg en la orina es de 62.5 mmol L^{-1} , al diluir a 1:67 la concentración es de 0.93 mmol L^{-1} , lo cual es bajo comparado con el aporte de la Solución Steiner.

Los iones que más aporta la orina son el Na y el Cl, con 91.3 y 100 mmol L^{-1} , respectivamente. Con la mayor dilución las concentraciones son de 1.36 y 1.5 mmol L^{-1} , respectivamente, lo cual sigue siendo alto. Esta es la razón principal por la cual se justifica diluir la orina.

Te de compost y vermicompost

El té de compost en términos simples es un extracto acuoso de compost, es conocido por diferentes nombres tales como té de estiércol y extracto de compost. Típicamente el compost es el principal ingrediente para esta solución; sin embargo, trabajos recientes similares al del presente estudio coinciden que también se puede utilizar la vermicompost para la elaboración de este fertilizante.

El té de compost, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos (Ingham, 2005). Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Rippy, 2004). El té de composta se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar (Ingham *et al.*, 2005) como aplicado al sustrato (Scheuerell y Mahaffee, 2004).

Algunos beneficios del uso del té de compost

Los siguientes beneficios del uso del té de compost han sido reportados en la literatura.

- a) Disminución de enfermedades
- b) Proporciona nutrimentos para la planta y es fuente de alimento para los microorganismos.
- c) La inoculación de organismos en el suelo vuelve a incrementar la retención de nutrimentos, aumenta el ciclo de los nutrimentos en las formas disponibles para la planta y acelera la descomposición de material vegetal y las toxinas.
- d) Incrementa la calidad nutricional de la planta
- e) Reduce la exposición del trabajador a los daños químicos potenciales.
- f) Reduce los impactos negativos de los pesticidas, herbicidas y fertilizantes a base de químicos, en microorganismos en el ecosistema.
- g) Reduce los costos por insumos químicos
- h) Proporciona el crecimiento de la planta

No todos estos beneficios pueden ser observados en cada caso de aplicación del té, por que no todos los té s son de calidad uniforme. La aplicación foliar del té de compost provee nutrientes y microorganismos benéficos que colonizan en la superficie de la hoja, lo cual ayuda en la prevención de enfermedades como Botrytis en vid.

Scheuerell y Mahaffe (2004) mencionan que el té de compost aplicado al sustrato se utiliza como una medida alternativa de control de enfermedades de cultivos hortícolas con es el caso del damping-off. Además, la aplicación al suelo induce la actividad microbiana en la rizosfera, proporciona una gran cantidad de nutrimentos solubles y estimula una respuesta positiva en la planta (Salter, 2004).

Granatstein (1999) señala que uno de los mayores problemas sobre el efecto del té de compost es la falta de un proceso estandarizado para su producción. Algunos aspectos donde se observa variación incluyen el tipo de compost, la fuente de materia orgánica, la madurez de la compost, el proceso del té, y el tiempo de fermentación; por lo que en ocasiones los resultados de experimentos con té de compost son inconsistentes.

Chavez (2008), reporta la siguiente metodología para la preparación del té de compost o vermicompost:

- a) Se oxigenaron 80 L durante tres horas con una bomba de aire, la cual tenía conectada un tubo flexible y un difusor de aire el cual fue colocado en la parte baja del tanque, para el flujo continuo crear turbulencia y eliminar exceso de cloro.
- b) Se colocó 1 kg de compost por cada 10 L de agua, la compost se incorporo al agua a granel, durante 24 hr para extraer los nutrimentos que contenía la compost o la vermicompost.
- c) Se agregaron 2 g de piloncillo por cada 10 L de agua, como fuente de energía para los microorganismos.
- d) La mezcla se dejó fermentar (con la bomba de aire encendida) por 24hr.
- e) Después de 24 h se coló la compost o la vermicompost en otro recipiente de 200 litros, al cual se le agregó agua hasta tener un volumen total de 150 litros, con la finalidad de bajar la CE a 2 dS m^{-1} , además se agregaron 2 gr L^{-1} de acido cítrico para ajustar el pH a 5.5., el contenido nutrimental de dicha solución se muestra en el Cuadro 4, teniendo una buena concentración nutrimental el té de vermicompost.

Cuadro 4. Análisis químico del té de composta y vermicompost, lixiviviado y la solución nutritiva Steiner.

Fuente Nutricional	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg L ⁻¹ -----				
Solución Steiner	168	31	273	180	48
Té de vermicompost	102	20	357.63	178.4	59.4
Té de compost	16.75	15	243	14.8	12.8
Lixiviado de vermicompost	11	2	245	12.62	7

Ochoa *et al.*, (2009), indican que el té de composta se prepara de acuerdo a la metodología de Ingham (2005), con algunas modificaciones para reducir las sales solubles contenidas en la composta, como se describe a continuación: para eliminar el exceso de cloro que se utiliza para potabilizar el agua, en un tambo de 100 litros se colocaron 80 litros de agua y se generó turbulencia durante tres horas con una bomba de aire. Por separado, se colocaron 3 kg de composta en una bolsa de plástico tipo red y se introdujo en un recipiente de 20 litros con agua durante cinco minutos para lavar el exceso de sales. Luego se colocó la bolsa con la composta dentro del tanque con agua previamente aireada. Finalmente, se agregaron 40 g de piloncillo como fuente de carbono soluble, 15 ml de una fuente de ácido húmicos y nitrógeno orgánico (Biomix-N[®], 30 % N, Bioagromex S. A.) y 10 ml de una fuente de fósforo orgánico (Biomix-P[®], 25 % P, Bioagromex, S. A.). La mezcla se dejó fermentar por 24 h con la bomba de aire encendida. El contenido nutrimental que presenta dicho té se indica en el siguiente cuadro, el cual muestra un exceso de N, Mg, bajo contenido de P y Ca, al compararla con la solución Steiner.

Cuadro 5. Análisis químico del té de compost utilizado como fertilizante orgánico.

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
----- mg L ⁻¹ -----								
219	18.2	230	1.32	520	0.49	0.089	0.19	0.13

Es evidente que la concentración de nutrientes en el té depende del origen del composta, el contenido nutrimental, entre otros factores, además del complemento de nutrientes con fuentes externas; sin embargo presentan la característica de no tener balance iónico, a continuación se presentan los resultados obtenidos por Chávez (2008) y Ochoa *et al.*, (2009)

Rendimiento

Esta variable es uno de los principales factores del reflejo del estado nutrimental del cultivo. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 6) para esta variable. El tratamiento con la solución nutritiva mostró los mayores valores en las variables del rendimiento, lo que se reflejó en la mayor producción por planta con 3.05 kg. Por otro lado, el menor rendimiento por planta lo obtuvo el tratamiento donde se utilizó el lixiviado, con un rendimiento por planta de 0.70 kg. Los mayores rendimientos son promovidos por una adecuada nutrición del cultivo, lo cual se manifiesta en un mayor peso de frutos (Ho y Adams, 1995; Ramos *et al.*, 2002), ya que la planta provee a los frutos de asimilados y nutrientes minerales que necesitan para su óptimo desarrollo. Estos resultados son similares a los encontrados por Ochoa *et al.* (2009), quienes obtuvieron el mayor rendimiento con la utilización de una solución nutritiva, en comparación con el té de compost y sustratos a base de composta.

Cuadro 6.- Rendimiento y sus componentes de diferentes tratamientos de fertilización., obtenidos por Chávez (2008)

Tratamiento	Peso de racimo gr	Frutos planta #	Peso de fruto g	Rendimiento planta kg
Solución nutritiva	611.53a	28.55a	106.31a	3.05a
Té de compost	181.71c	22.06b	41.5c	0.90c
Té de Vermicompost	485.76b	27.53 ^a	87.22b	2.42b
Lixiviado	139.51d	18.49c	36.2c	0.70d

[†]: Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey ≤ 0.05).

Si extrapoláramos los rendimientos a una ha, el costo de los fertilizantes para un ciclo de 30 semanas es de \$ 33,308, con lo cual obtenemos un rendimiento de 122 ton h⁻¹, mientras que el costo para producir orgánicamente con el té de vermicompost es de \$ 20,880 y se obtienen 96.800 ton h⁻¹, con la ventaja adicional de obtener precios **Premium** ya que su costo aumenta un 40% en comparación con el producido convencionalmente.

En el trabajo de Ochoa *et al* (2009), la fertilización con solución nutritiva obtuvo el rendimiento más alto con 21.8 kg·m⁻², mientras que las plantas con té de composta, té diluido y composta fraccionada obtuvieron un menor rendimiento (Cuadro 7). En el presente estudio, el té de composta aportó N disponible a lo largo del ciclo de evaluación, por lo que la disminución del rendimiento en los tratamientos orgánicos se debió a una mayor CE en el medio radical y a que la solución nutritiva es preparada de manera balanceada, incluyendo un pH de 6.5 y conductividad eléctrica (CE) de 3.5 dS·m⁻¹

¹, para suministrar todos los nutrimentos que requiere el tomate (Ramos *et al.*, 2002). Por su parte, el té de compost presento valores de pH de 7.6 y una CE de 4.2 dS·m⁻¹. El pH alcalino disminuyo la disponibilidad de elementos menores, mientras que la CE disminuye el rendimiento de tomate; Sin embargo fue posible producir más de 18 kg·m⁻² de frutos de tamaño extra-grande con mayor cantidad de sólidos solubles (> 4 °Brix), con una menor cantidad de insumos para la fertilización.

Cuadro 7. Rendimiento y sus componentes de diferentes tratamientos de fertilización, obtenidos por Ochoa *et al.*, (2009).

Fertilización	Rendimiento (kg·m-2)	Peso de fruto (g)	Diámetro ecuatorial (mm)	Sólidos solubles (°Brix)
Solución nutritiva	21.84 a [†]	223 a	76 az	3.71 c
Té de composta	18.21 b	177 b	73 b	4.41 ab
Té diluido	17.46 b	184 b	74 b	4.33 b
Composta fraccionada	12.48 c	164 c	72 b	4.59 a

[†]Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey ≤ 0.05).

De acuerdo a las investigaciones anteriores en las que se evaluaron fuentes orgánicas para la preparación de soluciones nutritivas, estas generalmente presentan una alta heterogeneidad en cuanto al contenido nutrimental, por lo que las soluciones preparadas presentan un desbalance iónico, aunado a una conductividad eléctrica y un pH elevado, por lo cual requiere un acondicionamiento previo para abatir el pH y su elevada salinidad, y en mayoría de los casos es necesario la adición de algunos nutrimentos.

LITERATURA CITADA

- Amiri, M. and N. Sattary. 2004. Mineral precipitation in solution culture. *Acta Hort.* 644: 469-478.
- Asher, C.J., and D.G. Edwards. 1983. Modern solution culture techniques. pp. 94-119. *In*: A. Pirson, and M.H. Zimmermann (Ed.). *Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 15-A. Springer-Verlag, Berlin.
- Brun, R. and L. Chazelle. 1996. Water and nitrate absorption kinetics in the nycthemeral cycle of rose grown in the greenhouse using a recirculating solution. *J. Plant Nut.* 19:839-866.
- Capulín G., J., R. Núñez E., J.D. Etchevers B. y G.A. Baca C. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Revista Agrociencia* 35: 287-299.

- Capulín G., J., R. Núñez E., Sanchezm, J. P., Martínez, G.A y Soto, H.M. 2005. Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. . Revista Terra *Latinoamericana*. 23:241-247.
- Capulín.G, J.; Núñez. E, R. ;Aguilar. A, J. L; Estrada. B, M; Sánchez. G, P; Mateo. S, J. J. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. Revista Chapingo Serie Horticultura 13(1): 5-11.
- Chavez, C.J.J. 2008. Alternativas de fertilización para el cultivo de tomate en invernadero. Tesis Maestría en Ciencias en Suelos. Instituto Tecnológico de Torreón.
- De Rijck, G. y E. Schrevens. 1998. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. J. Plant Nutr. 21 (5): 861-870.
- Ehret, D.L. and L.C. Ho. 1986a. Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth of tomato fruit. J. Exp. Bot. 37: 1294-1302.
- González. T.A. 2006. Evaluación de la orina humana como fuente de nutrimentos en la producción de plántulas de tomate. Tesis Maestría en Ciencias en Suelos. Instituto Tecnológico de Torreón.
- Granatstein, D. 1999. The Compost Connection For Western Agriculture. No. 8 Cooperative Extensión Washington State University. Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources.
- Heinonen,, T.H., Sjöblom, A., Fabritius, H and Karinen. 2007. Pure human urine as good fertilizer for cucumber. Bioresource Technology. 98:214-217.
- Heinonen-Tanski H. and Van Wiljk-Sijbesma C. 2005. Human excreta for plant production. Bioresource Technology. 96: 403-411
- Hoglund, C., Ashbolt, N., Stensrom,T.A and Svensson, L. 2002. Viral persistence in source-separated human urine. Advances in Environmental Research, 6:265-275.
- Ingham, R. E. 2005. The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
- Jarecki, M.K and Voroney, R.P (2005). Evaluation of compost lechates for plant growth on hydroponic culture. J.Plant Nut. 28:651-667.
- Jones, Jr. J. B. 1997. Hydroponics. A practical guide for soilles grower. St. Lucie Press. USA. 207 p.
- Jönsson, H., Stinzing, A.R., Vinnars, B and Salomon, E. 2004. Guidelines on the use of urine and feaces in crop production. EcoSanRes Publication Serie Report 2004-2. 43 pp. Stockolm Enviroment Institute, Sweden
- Jönsson, H., Stinzing, A.R., Vinnars, B and Salomon, E (2004). Guidelines on the use of urine and feaces in crop production. EcoSanRes Publication Serie Report 2004-2. 43 pp. Stockolm Enviroment Institute, Sweden
- Larsen, T.A., Peters, I., Alder, A., Eggen, R., Maurer, M and Muncke, J (2001). Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. Enviromental Science and Technology. 35(9):193-197.
- Marquez R. J. L., Figueroa, V.U., Cueto, W.J.A. y Palomo, G.A. 2006. Eficiencia de recuperación de nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante en una rotación sorgo – trigo para forraje. AGROFAZ 6:145-151.
- Mnkeni, P, N., A., Kutu, F.R and Muchaonyerwa, P . 2008. Evalutation of human urine as a source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the Eastern Cape South Africa. Waste Management Research. 26:132-139.
- Muñoz R., J.J. 2004. Formulación de la solución nutritiva. pp: 151-180. *In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. Castellanos, J.Z. (Ed.) 2da Edición. INTAGRI, Celaya, Gto., México.

- Ochoa, M.E; Figueroa. V. U; Cano. R. P; Preciado. R. P; Moreno. R, A; Rodríguez. D.N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(3): 245-250.
- Powell, J.M., Z. Wu (1999). Nitrogen-15 Labeling of Dairy Feces and Urine for Nutrient Cycling Studies. Agron. J. 91:814–818.
- Pradhan, S.K., Holopainen, J.K., Heinonen, T.H. 2009. Stored human urine supplemented with wood ash as fertilizer in tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivation and its impacts on fruit yield and quality. J. Agric.Food Chem.57:7612-7617.
- Pradhan, S.K., Nerg, A.M., Sjöblom, A., Holopainen, J.K., Heinonen, T.H. 2007. Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*) impacts on chemical, microbial, and flavor quality. J. Agric.Food Chem.55:8657-8663.
- Ramos L., C.; Alcántar G., G.; Galvis S., A.; Peña L., A.; Martínez G., A. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en Fertirriego. Terra Latinoamericana 20: 465-469.
- Rhoades, J. D. 1993. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. pp: 201-251. *In*: Sparks, D.L (ed). Advances in Agronomy.
- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III. Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Rippy, J. F. M.; Peet, M. M.; Louis, F. J.; Nelson, P. V. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. Hortscience 39 (2): 223- 229.
- Salazar. S, E., C. Vázquez-Vázquez, J.A. Leos-Rodríguez, M. Fortis-Hernández, J.A. Montemayor-Trejo, R. Figueroa-Viramontes, and J.D. López-Martínez. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. Int. J. Experimental Bot.:259-273.
- Salter, C. 2004. Compost Tea – Rebuilding Soil & Plant Biological Health. New Mexico Recycling Coalition Conference.
- Scheurel, S.; Mahaffee, W.F. 2004. Compost tea as a container media drench for suppressing seedling damping-off caused by *pythium ultimum*. Phytopathology. 94: 1156-1163.
- Sonneveld, C. y W. Voogt. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L) to an unequal distribution of nutrient root environment. M. L. Van Beusichem (ed) Plant nutrition-physiology and applications. pp. 509-514.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil. 15: 134-154.
- Steiner, A.A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the Internacional Potash Institute. pp: 324-341.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. *In*: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands.

Capítulo XVI

DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE CON DIFERENTES TIPOS DE ESTIERCOL Y DOS MÉTODOS DE COMPOSTEO BAJO CONDICIONES DE UN INVERNADERO RÚSTICO EN LA COMARCA LAGUNERA

Tomatoe growth according to twotipes of manures and two methods of compost under greenhouse conditions in the Comarca Lagunera

Rafael Figueroa Viramontes¹, Cirilo Vazquez Vazquez¹, Salvador Berumen Padilla¹, Rafael Zuñiga Tarango¹, Ignacio Orona Castillo¹, Antonio Gallegos Ponce¹.

¹División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (DEP-FAZ-UJED)

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la combinación de dos métodos de composteo, con lombrices y solarización, con dos tipos de estiércol, caprino y bovino, sobre el desarrollo del cultivo de tomate en un invernadero rústico en la Comarca Lagunera, México. La proporción de composta fue del 25 % y se combinó con arena en macetas de polietileno negro de 18 litros. Se utilizó como testigo la fertilización química con una dosis 160-80-00 de N-P-K. Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental consistió de cuatro macetas. Se evaluó la altura de planta, el diámetro de tallo, el número de hojas y número de nudos. El estiércol de bovino lechero resultó mejor que el de ganado caprino en cuanto al desarrollo del cultivo de tomate bajo condiciones de un invernadero rústico en la Comarca Lagunera. En lo que se refiere al método de composteo del estiércol, el uso de lombrices para este propósito fue mejor en comparación con la solarización. En cuanto a la combinación de método de composteo y tipo de estiércol, el vermicomposteo en los dos tipos de estiércol, bovino y caprino, generó un mejor desarrollo que la solarización; y produjo valores similares

a la fertilización química en altura de planta y número de hojas, lo contrario resultó al analizar el diámetro de tallo y número de nudos.

Palabras clave: *Estiércol, composteo, solarización, vermicomposta.*

SUMMARY

The effect of the combination of two composting methods, vermicomposting and solarisation, with two types of manure, goat and bovine, was evaluated on growth of tomato crop in a rustic greenhouse in the Comarca Lagunera, Mexico. The compost proportion in the mixture was 25 % and it was combined with sand, in 18 L black polyethylene pots. As a control, the 160-80-00 dose of chemical fertilization was used. Treatments were allocated in a randomized complete block design with four replications. There were four pots per experimental unit. Plant height, stem diameter, number of leaves and number of nodes were measured. Bovine manure resulted better than goat manure in tomato crop growth in a rustic greenhouse. In regard to the composting method, the use of earthworms (vermicompost) was better than solarisation in promoting crop growth. Likewise, in regard to the combination of composting method and type of manure, the vermicomposting in the two types of manure produced a better growth than solarisation, and it generated similar values of plant height and number of leaves as those observed in the control. The opposite situation occurred in stem diameter and number of nodes.

Index words: *Manure, composting, solarisation, vermicompost.*

INTRODUCCION

El uso de fuentes orgánicas de nutrientes conlleva una mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo, siempre y cuando sean manejadas adecuadamente, lo cual se refleja en un mejor desarrollo del cultivo. Una opción es el uso de estiércol de bovino, el cual puede ser tratado previo a su uso de varias formas para mejorar su calidad. Entre las técnicas para tratar el estiércol esta la solarización (Stapleton y DeVay, 1986), y el composteo mediante lombrices (lombricomposta o vermicomposta).

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante del país, donde anualmente se producen alrededor de 650,000 toneladas de estiércol base seca (Márquez *et al.*, 2006). Este tiene que ser tratado

y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y el agua del acuífero, lo cual requiere de un manejo adecuado para prevenir efectos adversos al ambiente (SAGARPA, 2002). Actualmente, es común entre los agricultores aplicar más de 100 toneladas de estiércol por hectárea por año ocasionando problemas serios de salinidad y sodicidad, por lo que monitorear el suelo antes de la aplicación del estiércol es una practica útil y necesaria para decidir el cuánto aplicar de estiércol por año (Vital, 2004).

El estiércol es más barato que los fertilizantes químicos, y preparado, contiene ciertas sustancias que jamás podrán ser sustituidas por estos (López y Díaz, 2005). No obstante, su contenido de nutrientes para las plantas varía de manera notable según sea su procedencia, preparación, oportunidad y sistema de aplicación en el suelo (Salazar *et al.*, 2002). El estiércol, comparado con los fertilizante químicos, resulta ser relativamente pobre en nutrientes, pero el valor de la materia orgánica que contiene ofrece una incomparable riqueza, que difícilmente puede lograrse con alguno de los fertilizantes (Díaz, 1999). Un manejo sustentable de estiércol debe incluir los siguientes objetivos: 1) reciclar nutrientes aprovechables por los cultivos, 2) aumentar la materia orgánica del suelo, 3) minimizar los riesgos de contaminación al acuífero y 4) minimizar riesgos de contaminación o toxicidad química o microbiológica en el ganado y en cultivos de consumo humano (Figueroa, 2004).

En Israel, utilizaron por primera vez el plástico en agricultura para captar la energía solar y elevar la temperatura del suelo con el propósito de eliminar patógenos que afectan al sistema radicular de la planta, proceso al que denominó calentamiento solar, y que actualmente se conoce como solarización (Katan *et at.*, 1976).

La lombricultura es una biotecnología que posibilita reciclar desechos sólidos y líquidos, obteniéndose beneficios ecológicos y un remanente económico. Las lombrices se adaptan a distintos tipos de desechos y se convierten en un recurso valioso en piscicultura como alimento y carnada, reducen, además, malos olores y poblaciones de microorganismos dañinos para la salud humana, y también pueden atenuar los efectos de la contaminación por desechos orgánicos. Asimismo, como substrato en invernaderos, representan una buena opción en la producción de una amplia gama de especies vegetales (Hernández y Cano, 2006).

La producción de hortalizas en invernadero tiene un gran auge por la facilidad en el manejo de las condiciones ambientales (Márquez y Cano, 2004). Sin embargo, el desarrollo de los cultivos en este sistema demanda el uso de fertilizantes inorgánicos disueltos en soluciones nutritivas, aplicadas en algunas ocasiones a través de riego por goteo (Moreno, 2002). Una alternativa es el uso de substratos orgánicos para proveer los nutrientes que requiere el cultivo (Mathers, 1982).

El tomate ocupa el tercer lugar en el comercio mundial de hortalizas (Miranda *et al.*, 2005). Es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, solo superado por el ganado vacuno (SAGARPA, 2006). Representa una de las fuentes de empleo rural en México, dado el carácter intensivo en el uso de mano de obra que lo caracteriza (Muñoz, 1995). En la comarca Lagunera este cultivo es rentable ya que en estudios realizados en precio de venta de Septiembre del 2003 a Septiembre del 2004, el mayor precio que mostró fue de \$ 10.80 y el menor fue de \$ 3.73 por kg. Los rendimientos logrados en el 2007 fueron de 45.15 ton ha⁻¹ a un costo de producción de \$25,070 con un precio de venta de \$3,290 por tonelada y un valor de la producción de \$ 98,700 (Miranda *et al.*, 2005).

Con base en lo anteriormente expuesto se presenta el siguiente trabajo donde se evaluaron dos fuentes orgánicas de nutrientes: estiércol de cabra y de bovino lechero y dos métodos de composteo: con lombrices y solarización, en el desarrollo del cultivo de tomate en un invernadero rústico en la Comarca Lagunera.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los estiércoles de bovino y caprino bajo dos métodos de composteo, con lombriz y solarización, en el desarrollo de tomate en invernadero rústico en la Comarca Lagunera.

REVISIÓN DE LITERATURA

Uso de estiércoles en invernadero

La producción en invernadero aumenta los rendimientos, es decir, producir orgánicamente en dicho sistema aumentaría la relación beneficio-costos, además elimina algunos de los problemas de la agricultura orgánica, ya que se garantizarían frutos durante todo el año, se evitarían los contratiempos ambientales y, sobretodo, aumentarían las ganancias debido a la mayor productividad con relación a la producción en campo (Hernández y Cano, 2006).

La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto contenido nutricional, en especial los consumidos en fresco. Una opción para la generación de este tipo de alimentos es la producción orgánica con la utilización de estiércoles composteados, cuyo contenido

de fósforo va del 70 al 80 % y de potasio del 80 al 90 % están disponibles el primer año; mientras el nitrógeno es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las planta. En el primer año solo se mineraliza el 11 % (Hernández, 2002).

Moreno (2002) realizó una investigación donde evaluó el efecto de la vermicomposta en chile chilaca (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero, utilizando estiércol de cabra con paja de alfalfa y estiércol de cabra con paja de alfalfa más zacate de jardín, en el cual se concluyó que la vermicomposta satisface las necesidades nutritivas del chile chilaca, bajo condiciones de invernadero, con niveles que oscilan del 12.5 al 37.5% para ambos tipos de vermicomposta, niveles con los cuales se supera a los valores obtenidos para estas variables en el tratamiento testigo; observando el comportamiento de las variables rendimiento, número de frutos y diámetro de fruto.

Las mayores desventajas de los cultivos hidropónicos son los elevados costos de capital inicial, algunas enfermedades, como *Fusarium* y *Verticillium*, las cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema, y la aparición de problemas nutricionales complejos. La mayoría de estas desventajas pueden solucionarse, los costos de capital y la complejidad de trabajo de este sistema pueden ser reducidos utilizando nuevos métodos hidropónicos más simples, tales como la nutrición laminar, así como el uso de muchas variedades resistentes a las enfermedades ya indicadas. Las mayores ventajas del cultivo hidropónico frente al tradicional son una mayor eficiencia en la regulación de nutrición, su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables, una utilización mas eficiente de agua y fertilización, mas fácil y bajo costo de desinfección del medio, así como una mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento de cosecha por unidad de superficie (Resh, 2001).

Tipos de estiércol

Los diferentes tipos de estiércol, los cuales generan problemas de contaminación ambiental, pueden ser procesados con diversas lombrices de tierra, y una vez que estos residuos se transforman en vermicomposta, tienen un amplio potencial para los sistemas de producción agrícola: tanto bajo condiciones de invernadero, como a campo abierto, especialmente dentro de la industria hortícola y ornamental. Ya que la vermicomposta, como se ha señalado tiene efectos importantes sobre el crecimiento y el rendimiento de las especies vegetales y en un momento determinado puede sustituir la aplicación de fertilizantes sintéticos y ayudar a reducir la presencia de enfermedades fungosas y de organismos patógenos (Moreno, 2002).

Estiércol de bovino lechero.- Este estiércol presenta una condición de manejo fácil, debido a su menor compactación y acidificación, pero tiende a ser más atractivo para los insectos, algunos de los cuales se pueden convertir en plagas. Tiene la ventaja de que contiene enzimas que ayudan a facilitar la acción bacterial al pasar por el tracto digestivo de la lombriz. El contenido de nitrógeno depende del tipo de alimentación suministrado a los animales, ya sea forrajes, mezcla con leguminosas o con complemento a base de concentrados. Oscilando entre 1.0 y 2.0 % de nitrógeno; adicionalmente contiene vitaminas, antibióticos que ayudan al crecimiento de la lombriz, por tanto resulta una excelente fuente de alimentación.

Estiércol de cabra.- Al igual que el estiércol bovino, este presenta condiciones óptimas para ser utilizado en alimentación de las lombrices, tanto en su contenido de nitrógeno, como de minerales y vitaminas, y baja acidez. Presenta la ventaja de su fácil manejo y acarreo, debido a condición textura sólida y con poca humedad; por lo que se requiere aplicar mayor cantidad y frecuencia de riegos. En condiciones normales de manejo la lombriz alcanza un peso promedio de 0.4 g. Produce un humus relativamente medio en su contenido de nitrógeno, y adecuados porcentajes de fósforo y magnesio.

Elaboración de compostas

El término compost proviene del latín *compositum*, que significa “reunión de diferentes materiales” y es el producto resultante del compostaje, y puede ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.

El compostaje es un proceso biooxidativo de fermentación aeróbica y controlado, en el que interviene una gran diversidad de microorganismos, que requiere una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en su composición y homogéneos en cuando a su tamaño y básicamente en estado sólido, y que pasa por una fase termófila, dando al final como producto de los diferentes procesos de transformación, dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada e higienizada libre de patógenos; rica en poblaciones microbianas útiles en sustancias húmicas y en bioactivadores de la fisiología vegetal.

El compostaje ha sido empleado por los agricultores desde hace siglos como medio para reutilizar los residuos orgánicos procedentes de la actividad agraria y de la domestica, consiguiendo un aporte complementario al estiércol, a un costo aceptable, de buena calidad y fácilmente accesible para sus tierras. En la actualidad son minoría los agricultores que todavía compostean en sus fincas; sin embargo, ha crecido el compostaje industrial con el fin de recuperar la materia orgánica que

desechamos, con grandes costos económicos y ecológicos, y obligados por los problemas de la contaminación y de impacto ambiental que la eliminación de los residuos orgánicos implica. La cualidad de este compost industrial dependerá de los materiales de partida y del proceso seguido, habiendo de ser controlado rigurosamente. Durante la transformación se suceden diferentes etapas, lo que concluye en reacciones de diferentes significados, con producciones metabólicas intermedias que pueden resultar fitotóxicas de ahí la importancia del control de la maduración y del manejo adecuado. Es evidente que en el compostaje influyen todos los parámetros que actúan sobre la actividad de la vida microbiana, como la naturaleza del sustrato, humedad, temperatura, nutrientes, relación C:N, pH y los que están en relación con el proceso mismo de compostaje como las diferencias en el suministro de oxígeno y en la realización de la composta.

Compostear de manera artesanal no es más que imitar el proceso de transformación que ocurre en el suelo de un bosque; la fase industrial del proceso lo acelera, intensifica y dirige de manera artificial.

Compostaje natural

Todos los productos orgánicos de la finca, como los restos de cosecha, restos de podas, materiales henificados, residuos orgánicos de la propia casa, estiércoles o aquellos otros residuos provenientes del exterior de la finca, eran reciclados y vueltos a introducir como abonos en la dinámica del ciclo orgánico en el agrosistema. Se realiza básicamente con sistemas abiertos de apilamientos estático con aireación natural o con volteo; tomándose en cuenta la mezcla equilibrada de los materiales para obtener una relación C:N adecuada entre 25 y 35. Además debe estar triturado y mezclado para mayor homogeneidad y para su conservación de humedad y buena aireación; por lo tanto, no convendrá que sobrepase el 1.5 m de altura con sección triangular o trapezoidal sin que el ancho rebase a la altura. La temperatura máxima no debe rebasar 70 °C; puede ser aireada con el volteo (Hernández, 2002).

Beneficios con el uso del compostaje

Los beneficios del compostaje son los siguientes (Hernández, 2002):

- Supresiones de olores desagradables
- Mejora de las condiciones higiénicas de los residuos
- Reducción de la capacidad de germinación de las semillas de malas hierbas.
- Mejora el valor fertilizante orgánico y minerales de los residuos.
- Incremento de la actividad biológica del suelo.
- Incremento de la estabilidad estructural y mejora de parámetros físicos.

- Influencia positiva sobre el desarrollo del vegetal.
- Minimiza la pérdida de nutrientes durante la aplicación y en el suelo.
- Mejora la aplicación de la composta.
- Minimiza gastos para el agricultor.
- Minimiza los gastos energéticos en el proceso y después en el uso.
- Fácilmente comercializable y con un mercado amplio.

Principios del compost

Con la palabra compost denominamos la degradación microbiana del sólido orgánico por medio de una respiración aeróbica que pasa por una fase termofílica y/o mezcla de residuos orgánicos de cualquier especie con materiales minerales como cenizas, que se emplean como abonos orgánicos, y tiene como finalidad mejorar la productividad de los suelos, las condiciones físicas incluyendo la capacidad de almacenamiento de agua y abastecimiento para las plantas (Jaquez, 2002).

Proceso de composteo

El proceso de composteo empieza, de hecho, con una colección heterogénea de material orgánico, que contiene una población grande de hongos y bacterias. Estos microorganismos se desarrollan e inician el proceso de descomposición en el momento en que se presentan condiciones favorables de humedad, temperatura y aireación. Esta actividad produce un aumento en la temperatura a consecuencia de las oxidaciones biológicas exotérmicas, y dado que la materia orgánica posee muy mala conductividad térmica esta actúa como aislante térmico, causando que la mayor parte del calor producido permanezca dentro de la pila del material orgánico. La pila se enfría posteriormente al disminuir la descomposición.

Factores importantes en la preparación de la composta

Riegos: el riego de la pila es un factor importante para el éxito de la preparación de la composta.

- a) Es preciso que haya abundancia de agua sin exceso, esto es, el material debe mantenerse húmedo pero no encharcado.
- b) Un proceso práctico para reconocer si el material debe ser mojado o si hay suficiente estado de humedad, consiste en obtener pequeñas muestra de varios puntos del montón y exprimirlas con una mano, si hay humedad, el agua aparece entre los dedos. En general, el humedecimiento dos veces por semana será suficiente.

Aireación: Estos organismos necesitan de aire para realizar su trabajo, por lo que no deben comprimirse los montones. Además de esto, cada 4 o 5 semanas, debe voltearse todo para proporcionar aire a los microorganismos y uniformizar a la masa en la fermentación. El volteo consiste en deshacer el montón, de tal manera que el material colocado en la parte superior se mezcle con el de en medio y con el de la parte inferior.

Temperatura: Cuando se hace un montón con los materiales como los que se utilizan para hacer el compost, el montón se calienta lo que es una señal de que los organismos están trabajando.

- a) Cuando la temperatura se eleva de 50 a 60 °C, se debe tener cuidado que no falte agua. Si la temperatura sube de 70 a 75 °C, es conveniente comprimir un poco el montón para disminuir el calentamiento.
- b) Debe observarse la temperatura del montón dos veces por semana y de tres puntos diferentes del montón.
- c) La temperatura se eleva a partir del tercer día, permaneciendo durante más o menos 10 horas, para después bajar lentamente. Después de cada volteo del material se vuelve a calentar. Al final de la fermentación del montón debe estar frío.
- d) Después de tres o cuatro meses de fermentación, el compost esta en condiciones de ser aplicado al suelo.

Díaz (1999), realizo la evaluación de los abonos orgánicos de gallinaza, bovino y caprino sobre propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz, concluyendo que el tratamiento con la dosis de composta de 30 ton ha⁻¹ fue el que tuvo la mayor retención y conservación de humedad a través del tiempo.

Lombricultura

Lombricultura es una biotécnica que posibilita reciclar desechos sólidos y líquidos, obteniéndose beneficios ecológicos y un remanente económico (Hernández, 2002).

Las principales características de la lombricultura son las siguientes

- Es un procedimiento sencillo.
- Las lombrices se pueden criar en cautiverio.
- El humus producido a diferencia de las compostas tiene una elevada carga microbiana en la plantas.

- Se obtiene abono orgánico (humus) de alta calidad.
- El humus mejora la composición y estructura del suelo.
- La lombriz puede emplearse como proteína.
- Se obtienen beneficios económicos a corto plazo.
- La lombriz contiene sustancias medicinales.
- En su actividad de alimentación en los residuos orgánicos desodoriza el ambiente al transformar residuos peligrosos en inocuos (Geler, 2007)

Vermicomposta

La transformación del material orgánico se produce al paso del mismo por el tubo digestivo de la lombriz y a su mezcla con compuestos minerales, microorganismos y fermentos, que provocan una transformación bioquímica inicial de la materia orgánica, siendo por lo tanto, más rápida la humificación, la minerilización posterior en el suelo, y la activación del metabolismo microbiano y vegetal por su contenido en fitohormonas. Se alimenta selectivamente de materiales con un alto contenido en nitrógeno, excretándolo en forma orgánica metabólicamente soluble. El margen del pH en el que se mueve esta comprendido entre 4.0 y 8.0; sin embargo presenta una respuesta sensorial a la acidez, pudiendo secretar calcio en las glándulas calcífugas de su intestino cuando el medio es más ácido. Este calcio orgánico desempeña un papel importante en la fertilidad del suelo. El método más utilizado para producir vermicomposta es en camas entre 1 m de ancho y 2 m de largo, con una altura no superior a 50 y 70 cm, las cuales se deben cubrir con malla o paja, y cada 1 o 2 semanas se le va añadiendo alimento, así mismo debe de mantenerse una humedad de 70 a 80 % y un pH de 7, y una temperatura de 20 °C (Labrador, 1996).

Solarización

Se refiere a la cobertura del suelo humedecido a capacidad de campo, es decir cuando el suelo ya no retiene más agua, con plástico transparente durante un tiempo apropiado (30 días durante el verano). Con el uso del plástico se captura la energía solar y a través de ello se aumenta la temperatura del suelo, lográndose diferentes mecanismos, que todos debilitan las semillas de malezas anuales existentes en los primeros 15 cm de profundidad del suelo (Reyes, 2007).

Objetivo de la solarización

- Reducir/controlar algunos hongos fitopatógenos.

- Disminuir el banco de semillas de malezas existente en el suelo.
- Reducción en el uso de productos químicos (herbicidas y tal vez fungicidas).
- Menor impacto de las malezas.

Los factores más importantes a tener en cuenta en la solarización son:

- Temperatura del aire.
- Humedad del suelo.
- Intensidad solar y largo de día.
- Características del plástico.

Ibarra (2006), utilizó polietileno transparente de 0.03mm (30 µm) de espesor para cubrir un suelo previamente irrigado durante los meses Julio y Agosto. El hongo *Verticillium dahliae* fue eliminado a una profundidad de 0 a 25 cm, después de someter el suelo por dos semanas de tratamiento.

La solarización aplicada 6 semanas antes de la plantación de chile redujo significativamente la incidencia de tizón sureño en el cultivo, obteniéndose los mejores resultados que cuando se solarizó durante el cultivo (Ristaino *et al.*, 1996).

En el caso de los suelos agrícolas, en las últimas tres décadas, se ha utilizado con éxito para su desinfección el calentamiento a través de la cubierta con plásticos que tienen la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura del suelo. Este método es conocido mundialmente como solarización. La solarización se ha utilizado con éxito para eliminar: estados inmaduros y adultos de artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas (hongos, bacterias y nematodos), semillas y propágulos de maleza. El productor regional de la Comarca Lagunera, como una practica común antes de la siembra de cultivos forrajeros aplica estiércol de ganado bovino, que se obtiene de los establos de ganado de leche. El estiércol removido de los establos, se deposita en montículos donde permanece hasta su incorporación al suelo (Método pasivo de tratamiento al estiércol). De acuerdo a análisis clínicos realizados a este residuo orgánico, se han encontrado organismos patógenos contaminantes del forraje, que al ser ingeridos por el ganado, adquieren el patógeno y lo incorporan al proceso digestivo (Reyes, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, ubicada en el Ejido Venecia, Dgo., Esta se localiza en el Km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo, entre los 25° 46' 56'' de latitud Norte y 102° 21' 02'' de longitud al Oeste de Greenwich.

Factores en estudio

Los factores estudiados fueron dos, tipo de estiércol: bovino lechero y caprino; y métodos de composteo: con lombrices y solarización. Esto equivalió a cinco tratamientos (se incluyó un testigo: la formula química recomendada en la región para el tomate), los cuales se repitieron cuatro veces en el invernadero.

Los procesos de composteo que se realizaron son los siguientes:

El primero se realizó mediante vermicomposteo con estiércol bovino y caprino. El estiércol se cribó y luego se depositaron en contenedores de block de 81 cm de ancho por 96 cm de largo y 58.5 cm alto. En el piso se colocó hule transparente previamente perforado. El estiércol era humedecido durante varios días, después se depositaron 500 g de lombriz roja Californiana (*Elisenia foetida*). Cada semana se le añadió una capa de 4 cm de lombriz hasta alcanzar el volumen requerido. El proceso de humedecimiento continuó todos los días ya que debe tener un 80 % de humedad. Asimismo, se colocó una sombra con carrizos para disminuir la radiación directa sobre la composta.

Para la solarización se colocaron 50 kg de los dos diferentes tipos de estiércol y se cubrieron con hule transparente (en forma separada).

Características del invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento mide 7 m de largo y 11 m de ancho. Es de aluminio y esta cubierto con plástico transparente en la parte del techo y las partes laterales. Estas son movibles en las paredes para permitir la aireación y de esta manera bajar la temperatura. En la paredes longitudinales también cuenta con malla antiáfido fija para evitar la entrada de plagas cuando el invernadero se este ventilando. Además, tiene colocada una malla sombra de 50% de sombreado sobre el techo. También con la finalidad de bajar la temperatura, cuenta con un extractor de 1.0 m de ancho por 1.0 m de alto en la parte superior de la pared frontal, y cuatro líneas con nebulizadores a lo largo del invernadero separadas a 1.3 m.

Cultivo

Se utilizó plántula de chile jalapeño variedad “Mitla”, la cual se plantó en bolsas de polietileno negro de 18 L, con dos orificios en la parte inferior. Las bolsas se llenaron con una mezcla al 25 % de composta y 75 % arena, dejando 5 cm libres para el riego.

Tratamientos y análisis estadístico

1. Vermicomposta de estiércol bovino con 75 % de arena.
2. Vermicomposta de estiércol caprino con 75 % de arena.
3. Estiércol bovino solarizado con 75 % de arena.
4. Estiércol caprino solarizado con 75 % de arena.
5. Testigo.- formula química con 160-80-00 de N-P-K.

Cada unidad experimental contó con 4 macetas, estas se distribuyeron en el invernadero con base en un diseño de bloques al azar.

Los datos fueron analizados estadísticamente en base a un modelo de bloques al azar con cuatro repeticiones, y la comparación de medias con el método de de Duncan.

Riego

El riego se aplicó todos los días con un 15 % de lavado para evitar la acumulación de sales.

Control de la temperatura en el invernadero

Esto se hizo subiendo las paredes móviles del invernadero las cuales eran de plástico flexible. Además también se usaron nebulizadores colocados en cuatro líneas a lo largo del invernadero equidistantemente. Estos funcionaban tres veces por hora durante tres minutos de las 11:00 A. M. a las 17:00 P. M.

Variables medidas

Altura de planta.- Se midió cada dos semanas usando una regla rígida.

Diámetro de tallo.- Se midió cada dos semanas usando un Vernier a dos cm del suelo.

Número de hojas.- Se contaron cada dos semanas.

Número de nudos.- Se contaron en el mismo día que las hojas.

RESULTADOS

Altura de planta

Se presentó significancia estadística en el efecto del tipo de estiércol y el método de composteo sobre la altura de planta. Los tratamientos que generaron la mayor altura en tomate fueron las vermicompostas junto con el testigo (fertilizante químico: 160-80-00 de N-P-K). Los valores de estos tratamientos fueron de 52.2 y 48.6 cm altura máxima para la vermicomposta caprino (VC) y vermicomposta bovino (VB), respectivamente (Figura 1). Dentro los tratamientos solarizados el bovino superó al caprino en forma significativa, alcanzando una diferencia del 26.98 %.

Promediando el tipo de estiércol, el mejor fue el bovino con 48.4 cm de altura, mientras que el caprino alcanzo un 15.5 % menos (41.9 cm).

En lo que respecta al tipo de composteo, el mas eficaz fue el vermicomposteo, el cual promedió 50.4 cm por 39.9 cm para el solarizado (Figura 2).

Analizando el comportamiento de la altura de planta a través del ciclo vegetativo (Figura 3) se observó un comportamiento, en general, muy uniforme. Hasta el sexto muestreo el fertilizante químico presentaba el nivel máximo de altura de planta, seguido de las vermicompostas de bovino y caprino, respectivamente. Después del mencionado muestreo, el VB igualó al testigo para luego superarlo en los tres últimos muestreos.

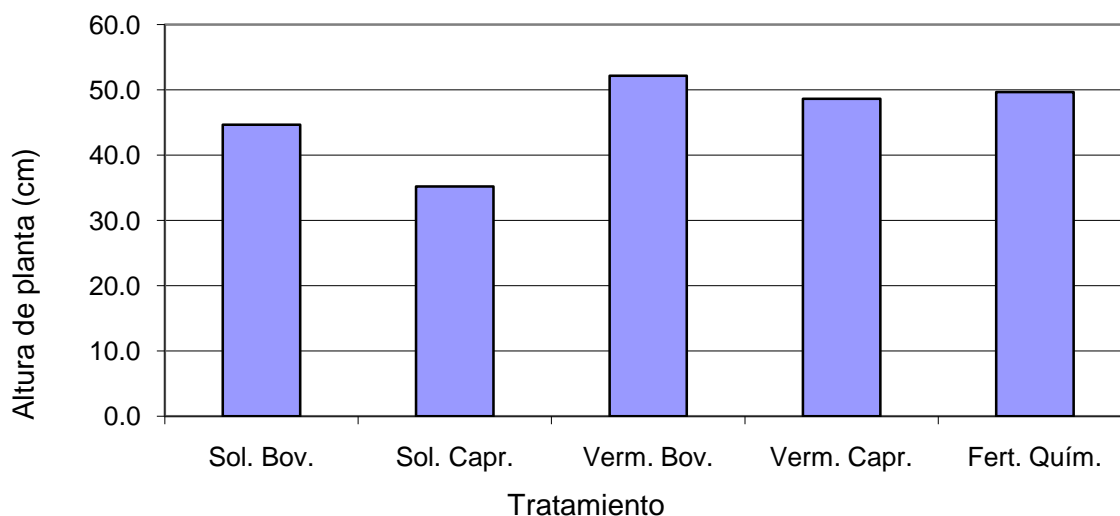


Figura 1. Altura máxima de planta en el cultivo de tomate bajo dos tipos de estiércol y dos métodos de composteo. DEP-FAZ-UJED. 2008.

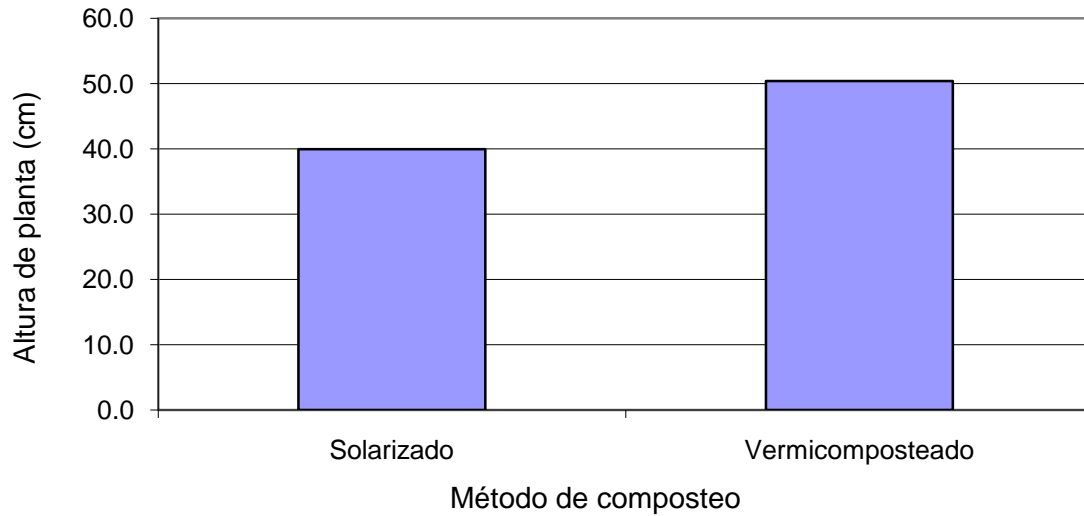


Figura 2. Efecto del tipo de composteo sobre la altura de planta del cultivo de tomate en invernadero rústico. DEP-FAZ-UJED. 2008.

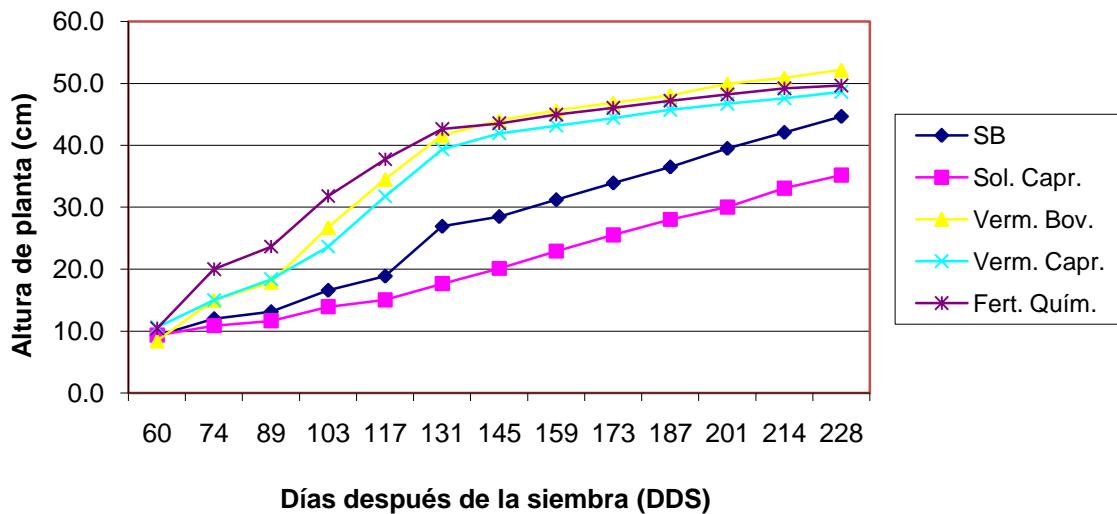


Figura 3. Comportamiento de la altura de planta de tomate a través del ciclo vegetativo bajo dos tipos de estiércol y dos métodos de composteo en un invernadero rústico. DEP-FAZ-UJED. 2008.

Diámetro de tallo

Similar comportamiento al observado en la altura de planta se presentó en el diámetro de tallo. Los tratamientos que fueron composteados utilizando lombrices (vermicomposta) fueron estadísticamente mayores al resto de los tratamientos incluyendo al testigo (Cuadro 1). Numéricamente los dos tratamientos con vermicomposta alcanzaron el mismo valor de diámetro de tallo al final del ciclo vegetativo (0.88 cm), el cual superó al testigo (fertilizante químico) por un 10 %.

En lo que respecta a los tratamientos solarizados, no se presentó diferencia significativa entre los dos tipos de estiércol (0.78 y 0.75 cm para el de bovino y caprino respectivamente). A la vez, estos fueron estadísticamente iguales al fertilizante químico.

En cuanto al tipo de estiércol, numéricamente el estiércol de bovino lechero solarizado generó un diámetro de tallo mayor al de caprino; mientras que por tipo de composteo, el vermicomposteo supero significativamente en diámetro de tallo al solarizado (0.88 y 0.76 cm, respectivamente).

Número de hojas

Se observó la misma tendencia que en las variables anteriores (altura de planta y diámetro de tallo). Los tratamientos con el mayor número de hojas fueron los que contenían vermicomposta en ambos tipos de estiércol (bovino lechero y caprino), resultando estadísticamente igual al tratamiento testigo (fertilización química 160-80-00 de N-P-K) el cual generó un promedio en las cuatro repeticiones de 150.8 hojas por planta (Cuadro 1). Por el contrario, los tratamientos de estiércol solarizados generaron el número de hojas mas bajo con 108.4 para el bovino lechero y 79.2 para el caprino, está diferencia resultó significativa.

En cuanto al método de composteo y considerando el promedio en los dos tipos de estiércol, el vermicomposteo superó significativamente a la solarización con una diferencia equivalente al 48.2 % (139.1 y 93.8 hojas).

En lo que respecta al tipo de estiércol considerando el promedio en los dos métodos de composteo, el de bovino lechero superó al de ganado caprino por aproximadamente 26 hojas por planta (129.3 vs 103.6) que equivale a un 37.6 %.

Es importante señalar que en esta variable los valores altos de número de hojas no necesariamente indican una buena característica del cultivo. La razón es que cuando un cultivo o planta tiene mucho follaje, la luz solar no es aprovechada por la totalidad de la hoja, aunque esto depende de otros factores como el arreglo topológico, poda, uso de tutores, entre otros. La razón de la baja eficiencia de un cultivo con muchas hojas es que la radiación solar generalmente no llega a las hojas de los estratos

inferiores, o a veces solo hasta la mitad superior del dosel. Por lo tanto las hojas de la mitad inferior no fotosintetizan debido a la falta de luz, por lo que obtienen los fotosintatos de las hojas superiores, convirtiéndose en plantas parásitas que disminuyen la producción de frutos en cuanto a número y tamaño (Gardner *et al.*, 1994).

Número de nudos

Esta variable se comportó de diferente forma en comparación con el resto de las variables en el presente estudio, ya que estadísticamente no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Esto se puede explicar por la poca diferencia numérica que se presentó al comparar tanto los promedios del tipo de estiércol (2.3 y 2.2 para bovino y caprino, respectivamente), como los promedios de tipo de composteo (2.2 y 2.3 para vermicomposta y solarizado, respectivamente). En esta variable, el testigo (fertilizante químico al 160-80-00 de N-P-K) generó un valor estadísticamente igual a los tratamientos orgánicos evaluados, comportamiento diferente al resto de las variables analizadas.

Cuadro 1. Diámetro de tallo, Número de hojas y número de nudos por planta de tomate bajo dos tipos de estiércol y dos métodos de composteo en invernadero rústico. DEP-FAZ-UJED. 2008.

Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)	Número de hojas	Número de nudos
Solarizado Bovino (SB)	0.78 b	108.4 b	2.5 a
Solarizado Caprino (SC)	0.75 b	79.2 c	2.1 a
Vermicomposta Bovino (VB)	0.88 a	150.1 a	2.1 a
Vermicomposta Caprino (VC)	0.88 a	128.0 a	2.4 a
Fertilizante Químico (Testigo)(FQ)	0.80 b	150.8 a	2.2 a

¹Dentro de las columnas, medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

CONCLUSIONES

El estiércol de bovino lechero es mejor que el de ganado caprino en cuanto al desarrollo del cultivo de tomate bajo condiciones de un invernadero rústico en la Comarca Lagunera.

En lo que se refiere al método de composteo del estiércol, el uso de lombrices para este propósito es mejor en comparación con la solarización en cuanto a promover el desarrollo del tomate bajo condiciones de invernadero rústico.

En cuanto a la mejor combinación de método de composteo y tipo de estiércol, el vermicomposteo en los dos tipos de estiércol, bovino y caprino, genera un mejor desarrollo que la solarización; y produce valores similares al testigo en altura de planta y número de hojas, lo contrario resulta al analizar el diámetro de tallo y número de nudos.

LITERATURA CITADA

- Díaz E. A. 1999. Evaluación de abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Tesis de maestría en agricultura orgánica sustentable. FAZ-UJED. Venecia, Dgo. p 1 y 38.
- Figueroa V. U. 2004. Campo Experimental La Laguna –PIAL-www.elsiglotorreón.com.mx/local/nld/75075.
- Gardner F. P., R. Brent P., and R. L. Mitchell. 1994. Physiology of cropplants. The Iowa State University.
- Geler A. 2007. La Lombricultura. www.composteados.com/v3/castellanos/articulo/detalles1.a.
- Hernández, D. 2002. La lombricultura contra la contaminación ambiental. www.una.ac.cr/ambi/Ambres-Tico/106/hernandez106.htm-302.
- Hernández M. C. y Cano R. P. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, Julio-Diciembre, Vol. 12, Núm. 002.
- Ibarra R. C. 2006. Efecto de la solarización y el estiércol de bovino sobre la viabilidad de esclerocios de *Phymatrichopsis omnivora*. Tesis de maestría en agricultura orgánica. FAZ UJED. Venecia, Dgo. Pp 5 y 9.
- Jáquez B. L. 2002. Evaluación de abonos orgánicos para incrementar la productividad del suelo en *Zea mays* L. Tesis de maestría en agricultura orgánica sustentable. FAZ-UJED. Venecia, Dgo. pp. 4-7.
- Katan J., Greenberger A., Alon H. and Greenstein A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the solarisation.
- Labrador M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Editorial Mundi-Prensa. 2da. ed.. pp. 135-138.
- López, M. J. D. y Díaz E. A. 2005. Efecto de abonos orgánicos sobre humedad del suelo y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.). AGROFAZ Vol. 1, p 1-8.
- Márquez R. J. L., Figueroa V. U., Cueto W. J. A. y Palomo G. A. 2006. Eficiencia de recuperación del nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante en una rotación sorgo - trigo para forraje. AGROFAZ 6: 145-151.
- Márquez H. C. y Cano R. P. 2004. Producción de tomate orgánico en invernadero. Segundo Simposium Internacional de producción de cultivos en invernadero. Fundación UANL y Facultad de Agronomía UANL.
- Mathers A. C. 1982. Efecto de la aplicación de los estiércoles sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos. Primer Congreso Internacional sobre Utilización de Estiércol en la Agricultura. Torreón, Coah., México.
- Miranda W. R., Martínez R. A., Cabral V. F. y Gómez M. M. 2005 Análisis económico de la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la Comarca Lagunera. AGROFAZ 5: 909-918.
- Moreno R. A. 2002. Efecto de la vermicomposta en el chile chilaca (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura www.uaan.mx/academic/Horticultura7Memhort03/cartel.01.pdf.

- Muñoz R. M. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura. El caso del tomate rojo. SAGAR. CIESTAAM. UACH. México, 120 p
- Resh H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos. 5ª Edición. Editorial Mundi-Presa. p 37.
- Reyes O. M. 2007. La solarización del estiércol de bovino para determinar temperaturas y sobrevivencia de organismos patógenos de humanos. Tesis de maestría, FAZ-UJED.
- Ristaino J. B., Perry K. B., and Lomsden R. D. 1996. Soil Solarisation and *Gliocladium nirens* reduce the incidence of southern blight (*Sclerothium rolfsii*) in bell pepper in the field. Biocontrol Science and Technology 6: 583 – 593.
- Salazar S. E., Vázquez V. C. y Rivera O. O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera. XV Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo Dgo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Normas. México. D.F.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2006 Región Lagunera (Durango – Coahuila), pág. 24.
- Stapleton J. J. and DeVay J.E. 1986. Soil solarisation a non chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5:190-198.
- Vital, S. J. 2004. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. URL [www.uaaan.mx/academic/horticultura_\(Memhorto5/uso.estiercol.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/horticultura_(Memhorto5/uso.estiercol.pdf).

Capítulo XVII

PERCEPCIÓN DEL USO DE AGROQUÍMICOS Y EXTRACTOS VEGETALES EN EL MANEJO DE PLAGAS EN SAN JOSÉ DE LAS LAJAS, CUBA

Perception of the use of chemicals and vegetable extracts in pest management in San José de Las Lajas, Cuba

Railén Amador Irure¹, Dagoberto Mederos Mederos¹, Tomás Díaz Valdés², Ignacio Orona Castillo³

¹UNAH, Universidad Agraria de la Habana, ²Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ³Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Autor para Correspondencia: railen@isch.edu.cu, railen07@yahoo.com

RESUMEN

El uso indiscriminado de productos químicos sintéticos, lejos de disminuir el problema de las plagas, ha creado consecuencias negativas a los agroecosistemas, por lo que la búsqueda de métodos alternativos para el manejo de plagas es un aspecto de suma importancia en la actualidad, el cual no solo se limita a los aspectos técnicos, sino que también abarca aspectos sociales, donde los productores funcionan como el eje principal. El trabajo se desarrolló en la finca “La Asunción”, en el municipio San José de las Lajas, Cuba, se realizaron talleres de sensibilización de productores, sobre consecuencias de la utilización frecuente de productos químicos y con vistas a que se apropiaran de las técnicas de elaboración y aplicación de extractos vegetales de plantas del entorno agrícola para la regulación de insectos nocivos como una alternativa agroecológica. Los principales resultados demuestran el limitado conocimiento de aspectos relacionados con el medio ambiente, los principales métodos de control de plagas y muestran que existe una marcada tendencia al uso de plaguicidas. Se logró una adecuada efectividad de los extractos vegetales de *P. hysterophorus*, *A. sativum* y *A. indica* sobre *P. xylostella*, similar a la lograda con insecticidas sintéticos específicos para dicha plaga, con lo

que los agricultores de la Finca se mostraron satisfechos y motivados para su inserción en sus sistemas agrícolas.

Palabras claves: *Extractos vegetales, control P. xylostella, ambiente.*

SUMMARY

The wide use of the synthetic chemical products, instead of diminishing the problem of pest effects, has given place to negative consequences. Therefore the search of alternatives methods for the management of injurious agents is an important issues at present moments, which is not only limited to technical aspects, but also involve social aspects mainly spinning in turn to the producers. This work was developed in the Municipality of San José de las Lajas, farm “La Asunción”. As a part of it some workshops, focussed to make producers more concerned on the consequences of the frequent use of chemical products. It also look for provide them techniques for elaborating and applying vegetable extracts from plant of the agricultural environment for controlling the injurious insects as and additional agroecologic activity.

The main results demonstrate that, the limited knowledge of the elements related to the environment and the principal methods of pest control, give place to a marked trend to the use of pesticides. A suitable effectiveness of the vegetable extract using *P. hysterothorus*, *A. sativum* and *A. indica* from *P. xylostella*, was reached, similar to those obtained with specific synthetic insecticides for that pest. The farmers showed to be satisfied and motivated for their insertion in agricultural systems.

Index words: *Vegetable extracts, control P. xylostella, environment.*

INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo agrario, conocido como “Revolución Verde”, originado en la década de los años 60 y 70 del siglo pasado, estuvo acompañado de impactos socioeconómicos, ambientales y culturales negativos. Como consecuencia de esos impactos, se fue desarrollando en el mundo una amplia conciencia acerca de la necesidad urgente de cambios en dicho modelo. En este contexto adquiere especial importancia la Agroecología, como la aplicación de principios ecológicos en el diseño de agroecosistemas sostenibles (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2002).

Los plaguicidas químicos sintéticos destinados al control de plagas, han contribuido al incremento de la producción agrícola, sin embargo, en la actualidad son muy evidentes los perjuicios que han provocado a los sistemas de producción pero aun no se han logrado establecer mecanismos eficientes que permitan el manejo de agentes nocivos en los agroecosistemas (Vázquez, 2003).

En Cuba la situación del uso de plaguicidas difiere sustancialmente del resto de América Latina. Durante el periodo de 1990 al 2005 las estrategias desarrolladas en el país ha permitido reducciones notables en el uso de agroquímicos hasta en un: 86% (Pérez, 2007). Los componentes principales de estos programas se han basado en la incorporación de prácticas de control cultural y biológico (Pérez y Vázquez, 2001).

Las plantas son laboratorios naturales que biosintetizan una gran cantidad de sustancias químicas y de hecho se les considera como la fuente de compuestos químicos más importante que existe en la naturaleza (Silva *et al.*, 2002). Muchas especies botánicas muestran acción selectiva contra un gran número de agentes nocivos, pues son capaces de producir metabolitos secundarios con una variada actividad biológico (Maggi, 2004).

Tradicionalmente el hombre ha explotado en beneficio propio, la capacidad defensiva desarrollada por las plantas a través de la evolución, utilizando parte de éstas en la protección de cultivos (Vento, 2006).

Lara *et al.* (1995), han realizado trabajos en Cuba encaminados a determinar los efectos insecticidas de extractos de diferentes plantas sobre insectos plagas de importancia económica, obteniendo resultados positivos para el control de las mismas. Martínez *et al.* (2007), incluyen el extracto vegetal del nim como un método más dentro del control biológico de *Plutella xylostella* Linnaeus en el cultivo de la Col (*Brassica oleracea* L.), pero aun pesar de lo expuesto, se considera que no se ha logrado que el conocimiento de estas posibilidades llegue a los productores de manera óptima.

La agroecología reconoce el papel protagónico de los campesinos en el proceso de transición hacia una agricultura sostenible. La adopción de técnicas basadas en principios ecológicos depende decisivamente de la percepción que estos tienen de los problemas, así como, sus expectativas, intereses y prioridades (Sevilla, 2002). Para que los productores se apropien de una tecnología, no es suficiente que el extensionista intente transferirla, o bien que la propuesta tecnológica se haga llegar a través de métodos participativos de “campesino a campesino” es necesario que la fuente receptora, en este caso los campesinos, acepten la innovación tecnológica y la practiquen, para que la adopten y la incorporen a su sistema de producción (González, 2003).

En los últimos años se ha promovido el desarrollo de prácticas agroecológicas para el manejo de agentes plagas, principalmente aquellas que tienen un enfoque de manejo integral del sistema de producción (Vázquez, 2004), que contribuyen a la conservación y manejo de la biodiversidad favoreciendo el control biológico (Altieri y Nichols, 2007) y un manejo sostenible del sistema por la adopción de los productores de la tecnologías de impacto reducido al medio ambiente (Vázquez *et al.*, 2005).

La presente investigación explora la problemática de la adopción del uso de los extractos acuosos de plantas para la regulación de insectos nocivos en los sistemas agrícolas, por parte de agricultores en el municipio San José de las Lajas, en la provincia de La Habana.

El estudio tiene como objetivo demostrar por técnicas participativas la adopción por parte de los agricultores el uso de los extractos vegetales sobre insectos nocivos en cultivos de ciclo corto en la finca. “La Asunción” en San José de Las Lajas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el municipio de San José de las Lajas, situado en el centro de la provincia La Habana y que limita al Norte con la provincia de Ciudad de La Habana y el municipio de Jaruco, al Sur con los municipios de Güines, Melena del Sur y Batabanó, al Este con el municipio de Madruga y al Oeste con los municipios de Bejucal y Quivicán. Tiene una extensión superficial de 595.93 km² (59593 ha) que representa el 10.4 % de la superficie total de la provincia y el segundo lugar, en extensión territorial entre todos los municipios. Dispone de una superficie potencialmente agrícola ascendente a 47513.0 ha (475.13 km²). Su población es de 64 085 habitantes, con una densidad de 107 habitantes por km², la población urbana es de 47 487 habitantes y la población rural es de 16 598 habitantes (ONE, 2000).

En el territorio se encuentran distribuidas 19 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), con fines ganaderos y de cultivos varios, destacándose como principales cultivos las hortalizas, raíces y tubérculos, granos, frutales y plantas ornamentales. Además, en el territorio existen Granjas pertenecientes a la Agricultura Urbana donde se cultivan diferentes especies de hortalizas y diversas especies de plantas ornamentales.

Métodos participativos para la sensibilización de agricultores y familiares en la finca “La Asunción” en San José de Las Lajas, sobre los productos utilizados en el control de insectos nocivos y sus efectos

Se realizaron talleres teniendo en cuenta lo planteado por Kaplún (2002), donde expresa que el modelo a seguir para sensibilizar a los agricultores debe estar basado con mayor énfasis en los efectos, en el cual el comunicador es una especie de arquitecto de la conducta humana y cuyo objetivo es que el educando haga. Buscando informar e impartir conocimientos, además de convencer, manejar, condicionar al individuo, para que adopte una nueva conducta.

Los objetivos de estos talleres estuvieron en correspondencia con los resultados del diagnóstico previamente realizado en las unidades productivas. Los encuentros se realizaron en las fechas, horarios y duración que dispuso el jefe o responsable de la finca en consulta con sus subordinados.

Se utilizaron varios métodos y técnicas, Destacando las proyecciones de videos y diapositivas como medios audiovisuales, que propiciaron un mayor nivel de participación y debates colectivos.

Talleres de sensibilización

Los plaguicidas químicos sintéticos: su efecto contra la salud del hombre, los animales y el medio ambiente.

Se realizó la caracterización de todos los presentes a través de su autopresentación y se les explicó la importancia del trabajo, así como, los principales objetivos del mismo. Para la comenzar el taller con campesinos se lanzaron las siguientes interrogantes recomendadas por Pinzón (2006), para ser solucionadas al finalizar este encuentro.

¿Cuándo se disponía de plaguicidas en la década de los 80 se tenía resuelto el problema de las plagas?

¿Qué cantidad de producto se usaba en los años 40 del siglo pasado y cuánto se usa ahora?

¿Qué tanto sabemos sobre los impactos de los plaguicidas sobre el medio ambiente?

¿Cuántas personas se han intoxicado o conocen de alguien al que le ha pasado?

Posteriormente se les solicitó a los participantes que brevemente escribieran su criterio acerca de los plaguicidas (lo positivo y lo negativo), para esta actividad se les entregó una hoja y un lápiz a cada uno de ellos, incluyendo a los familiares presentes que no estaban directamente involucrados en el proceso productivo. Una vez terminada la tarea se recogieron las hojas y no se leyeron. Se comenzó una exposición acerca el impacto de los plaguicidas sobre la salud, el medio ambiente y la sociedad, para ello se mostró el vídeo producido por la Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP_AL) nombrado: Por un mundo libre de plaguicidas y transgénicos. Concluidas las

presentaciones, se estableció el debate sobre el tema, donde los participantes manifestaron sus criterios y experiencias.

Además, se les mostró una presentación donde se explicó los efectos secundarios de la lucha química (Nivia, 2001), donde se resaltan los principales, tales como: a) Contaminación ambiental, b) Efecto sobre los enemigos naturales, c) Efecto sobre organismos superiores, d) Resistencia a plaguicidas, e) Resurgimiento y brotes de plagas secundarias.

Así como, las diferentes formas útiles de manejar estos fenómenos dentro del agroecosistema siendo las principales: a) Observación de umbrales económicos, b) Mejora de la sincronización de las aplicaciones, c) Mejora de los métodos de aplicación para disminuir los efectos negativos sobre las especies benéficas a través de tratamientos selectivos y focales, d) Reducción de la tasa de aplicación de los plaguicidas químicos, e) Selección de insecticidas que sean poco tóxicos para los enemigos naturales, e) Aplicación de insecticidas específicos en lugar de aquellos de amplio espectro.

Al finalizar el debate, se le entregó a cada persona el papel del inicio y se les invitó a que analizaran su respuesta y se evaluaran teniendo en cuenta lo abordado en el taller.

Luego se dialogó lo referente a la importancia de limitar paulatinamente el empleo de estos productos químicos y se les explicó que en este periodo es necesario la utilización de otras alternativas para el control de plagas, como son los extractos vegetales, resaltando que son de fácil adquisición, que no afectan a la salud del hombre, de los animales y que contribuyen a la conservación del medio ambiente.

Elaboración y uso de extractos vegetales como alternativa de control para el manejo de agentes nocivos en los agroecosistemas.

En una visita posterior, también con la participación de los agricultores, se les motivó para la elaboración de extractos vegetales para la regulación de poblaciones de insectos nocivos. Estos fueron preparados en el patio de la casa del dueño de la finca, de forma tal que la familia y el resto de los trabajadores pudieran participar en la elaboración de los preparados, con materiales de fácil adquisición y técnicas sencillas, que en casos anteriores y en otros lugares resultaron muy efectivos (Vento, 2006)

En el recorrido por la finca se detectaron especies vegetales o sus restos, que según lo planteado por Rodríguez (2006) son muy efectivos en el control de larvas de lepidópteros. Estas fueron: *Parthenium hysterophorus* L (escoba amarga), *Allium sativum* Lin. (ajo) y *Azadirachta indica* A. Juss. (nim). Todos los extractos se prepararon según la metodología descrita por Rodríguez (2006) y fueron utilizados inmediatamente después de finalizada su preparación, que fue de la forma:

Extracto acuoso de escoba amarga (*P. hysterophorus*)

Las plantas de escoba amarga (completas y en estado de floración) fueron colectadas en la finca, posteriormente se lavaron con agua corriente durante cinco minutos para eliminar las partículas de polvo, suelo o cualquier material extraño sobre su superficie o en sus raíces. Luego fueron picadas finamente con un cuchillo afilado y mezcladas homogéneamente. Se emplearon 150 g de material fresco, pesado en balanza técnica ($\pm 0,1$ g de precisión) a los que se le agregó 300 mL de agua corriente. La cocción se realizó en un fogón de leña en el patio de la casa del productor, durante 10 min después de haber llegado al punto de ebullición.

- Extracto acuoso de ajo (*A. sativum*)

Para la preparación del extracto de ajo se utilizaron bulbos que no tenían las óptimas condiciones para ser plantados y que según Rodríguez (2006), es donde se encuentran los principales activos contra plagas. Se maceraron dos bulbos de ajo y se mezcló la “papilla” con 4 L de agua, se dejó en reposo durante 24 h, en un recipiente plástico, limpio, posteriormente se filtró y de esta forma se empleó.

- Extracto acuoso de Nim (*A. indica*)

El extracto de nim se preparó con 20 g de hojas y 50 g semillas frescas o secas, debido a que los principios activos fundamentales contra plagas se encuentran en toda la planta, pero en mayor concentración en la semilla. Fueron colectadas en campos aledaños a la finca, las cuales se maceraron y mezclaron con 2 L de agua. La mezcla se dejó en reposo durante un día, se filtró y se aplicó el volumen necesario.

- Aplicación de los extractos acuosos

Se socializó con los productores aplicar dichos extractos sobre poblaciones de *Plutella xylostella* Linnaeus en el cultivo de *B. oleracea* (col), que en esos momentos estaba perturbando severamente al mismo. Se escogió una parte del campo para tratarla con dichos extractos y el resto se siguió aplicando con los medios químicos sintéticos con que contaban.

La comparación del efecto de los extractos vegetales utilizados con los insecticidas químicos sintéticos se realizó en un campo sembrado de col variedad *Glover master*, sobre un suelo Ferralítico Rojo típico, cuya fecha de siembra fue 22 de Septiembre del 2008 y se trasplantó para el campo a los 25 días (Martínez, 2007) a una distancia de 0.90 x 0.40cm.

Las aplicaciones se realizaron utilizando una Asperjadora de Espalda (Modelo Matabic, de 16 L de capacidad y bomba central). Posterior a cada aplicación se determinó la efectividad técnica de cada tratamiento a las 24, 48, 72 h mediante la fórmula de Abbott (1925).

$$E = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde E= Efectividad Técnica

A= Población de individuos antes de cada aplicación

B= Población de individuos después de cada aplicación

Con los resultados alcanzados se realizó un debate con los productores con vista a que interiorizaran las ventajas de la adopción de estos extractos como medios de control de insectos en los cultivos. Este taller inició con la exposición de los resultados del experimento realizado, posteriormente se estableció un debate donde los participantes expresaron sus experiencias en este periodo, ya sea en la preparación de los extractos o en el experimento como tal. Luego se les mostró un video: Alimentos sanos y una mejor calidad de vida, producido por la RAP-AL (2006), al finalizar se analizaron los comentarios de los productores correspondientes al mismo, con la finalidad que expresaran los resultados de la experiencia y las expectativas de adoptar las tecnologías de extractos acuosos de plantas para el control de plagas en sus fincas. Al finalizar se llenó un cuadro donde se recogían aspectos positivos, negativos e interesantes de los talleres. Los datos obtenidos fueron a analizados de forma cuantitativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Métodos participativos para la sensibilización de agricultores y familiares en la finca “La Asunción” en San José de Las Lajas, sobre los productos utilizados en el control de insectos nocivos y sus efectos

- **Los plaguicidas químicos sintéticos: su efecto contra la salud del hombre, los animales y el medio ambiente.**

En el desarrollo del taller al abordar la importancia de la disminución de la aplicación del uso de plaguicidas químicos sintéticos, para contribuir al cuidado y conservación de la salud del hombre, los animales y el medio ambiente, se logró motivar el interés de los productores por la agroecología y en particular por la utilización de los extractos vegetales en la regulación de insectos nocivos en sus

cultivos, debido a que todos estaban muy interesados en participar en los talleres posteriores y se conto con 100% de asistencia en los encuentros futuros.

Primeramente se procedió con una breve introducción donde se explicó el origen de los extractos vegetales, desde sus inicios hace cientos de años atrás que eran utilizados para el control de plagas en plantas y enfermedades en animales y humano, pero con la Revolución verde fueron reemplazados por los productos químicos sintéticos. También se abordó sobre la preocupación existente en la actualidad de transformar los sistemas agrícolas desequilibrados en sostenibles y la importancia que tienen los extractos vegetales en este periodo de transito. Ver la figura 1.

A través del video proyectado, producido por la RAP-AL con el título: Por un Mundo Libre de Plaguicidas y Transgénicos, el cual tiene como principal objetivo minimizar la utilización de agrotóxicos que están causando daños irreparables para la salud del hombre y el medio ambiente. En este taller se pudo percibir que los participantes (productores o familiares) mostraron mucha atención y en el debate que se realizó al finalizar el mismo se pudo apreciar que estaban muy motivados y alarmados ya que nunca habían presenciado tan claramente los efectos que pueden tener la utilización de agroquímicos.

En el mismo se expusieron ejemplos de impactos ambientales y sociales de los agrotóxicos. Se revelaron los gastos en plaguicidas que tienen anualmente países como Brasil, reportándose 2.3 millones de dólares y lo más importante es que en este país aproximadamente 3 millones de personas se envenenan cada año por el contacto con estos agrotóxicos.

Dicho video plantea, que en dependencia del tiempo de exposición de los plaguicidas en el medio o la duración de sus efectos sobre este, determinara la magnitud de las perturbaciones provocadas en el mismo y el momento en que comiencen a manifestarse sobre la comunidad biológica presente en el agroecosistema. Los efectos sobre el hombre o los animales pueden ser agudos por envenenamiento de una sola explosión o consumo o crónicos, por acumulación del toxico en varias explosiones o consumo.

Por lo general, los plaguicidas utilizados pertenecen a dos grupos principales: los extremadamente peligrosos y los altamente peligrosos, Cuba no está ausente a esta situación.

Los efectos tóxicos agudos más frecuentes según los agricultores fueron: a) Afectación en el sistema nervioso central y periférico, b) En los sistemas cardiovasculares c) Efectos gastrointestinales, d) Efectos renales, e) Lesiones en los ojos y en la piel.

Los efectos crónicos se observan a largo plazo y son el resultado de varias exposiciones, generalmente a cantidades pequeñas de la sustancia, repetidas por un tiempo prolongado, a menudo son irreversibles.

Las principales afectaciones producidas por estos productos son trastornos neurológicos, reproductivos provocando esterilidad en ambos sexos o malformaciones congénitas, cáncer.

Toda esta explicación fue muy bien ilustrada, con imágenes de personas padeciendo de enfermedades o específicamente las zonas dañadas (principalmente en el caso de las dermatitis).

El video también tiene una parte denominada: “La lucha química y sus víctimas” donde se exponen numerosos ejemplos de la cantidad de personas intoxicadas anualmente en los diferentes países como Colombia, Nicaragua, Honduras, Brasil y Chile. En este último se reportaron 25 000 intoxicaciones agudas según el programa de vigilancia epidemiológica de los ministerios de salud y la organización panamericana de la salud. Cada uno de los ejemplos estaba muy cercano a la vida diaria de los productores presentes, pero que aún, según ellos no han presentado dichos problemas.

En el debate del video los presentes manifestaron que nunca antes habían percibido algo así respecto a los plaguicidas, planteaban también que siempre escuchaban acerca de lo dañino que resultaban los plaguicidas químicos sintéticos para la salud humana, pero que no se imaginaban cuan peligroso podían ser y pudieron descubrir la importancia de la disminución de estos y lo más importante los severos daños que ocasionan a la salud.



Figura 1. Fotos del taller de sensibilización: Los plaguicidas químicos sintéticos: su efecto contra la salud del hombre, los animales y el medio ambiente.

Al concluir la exposición sobre los efectos secundarios de la lucha química los participantes expusieron sus criterios sobre lo positivo y lo negativo de los plaguicidas químicos sintéticos. Se debatió el criterio de cada participante de forma colectiva y se comparó estas respuestas con los criterios emitidos al iniciarse el taller. Las principales respuestas se reflejan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios de los participantes respecto a los aspectos negativos y positivos de la utilización de plaguicidas químicos.

Al inicio del taller	Al final del taller
Matan a los insectos.	Aparecen otras plagas.
No se pierden las cosechas.	No son tan buenos
Actúan muy rápido.	Dañan la salud del hombre y los animales.
Son muy buenos.	Afectan el medio ambiente.
Son un poco caros	No son tan efectivos como parecen
Muy eficientes	Son rápidos
Afectan la salud	Dañan la capa de ozono
Dañan el medio ambiente	

De los aspectos negativos el 83% de ellos no pusieron nada, al inicio del taller y el 17% solo puso que afectan la salud de los animales y la de las personas. Después de finalizado el taller los productores ampliaron sus respuestas notablemente en cuanto a aspectos negativos, por todo lo que pudieron apreciar en el transcurso del mismo.

Luego de mostrarle resultados y algunos aspectos acerca de los extractos vegetales y de agroecología, términos que al inicio le resultaban desconocidos, pero que implícitamente conocían y en algunos casos hasta empleaban, quedaron con nuevas expectativas para continuar profundizando en el tema

Al concluir se retomaron las preguntas iniciales y se les solicitó a los participantes que les dieran solución. Las respuestas fueron muchas, 95% de los productores expresaron sus criterios, los cuales fueron resumidos en: a) El uso de plaguicidas químicos no es la solución perfecta para el problema de las plagas, b) Antes no usábamos plaguicidas, después usábamos más cada día, c) Los plaguicidas provocan consecuencias negativas sobre el medio ambiente, siendo los más nombrados, d) Afectan la salud del hombre y de los animales, e) Aquí no se ha intoxicado nadie, hemos escuchado que le ha pasado esporádicamente a otros.

Los resultados del taller mostraron una gran motivación para los participantes, porque a pesar de tener una tenue idea del daño negativo que causan los agrotóxicos, nunca habían observado imágenes reales de los efectos nocivos sobre la salud humana y ambiental. Además, vislumbraron una nueva posibilidad a su alcance para proteger sus cultivos: con el uso de tecnologías alternativas (extractos vegetales) en el control de plagas.

Extractos vegetales como alternativa de control para el manejo de agentes nocivos en los agroecosistemas

En este taller participativo se procedió a elaborar de manera conjunta con los productores de la finca los extractos vegetales dentro de su sistema agrícola, como muestra la figura 2, con materiales de fácil adquisición plantas que ellos reconocieran con facilidad y que se encontraran en zonas cercanas a la finca o dentro de los cultivos existentes, como el caso del ajo, que se encontraban en mal estado para ser utilizados como semillas y serían desechados. Posteriormente fueron preparados, según la metodología establecida, para cada especie. En todos los casos el solvente utilizado fue el agua, debido a que con este se han obtenido resultados satisfactorios y para los productores es el más asequible; de esta forma apreciaron la posibilidad real que tienen de insertarlos en su agroecosistema como una medida más de manejo de agente nocivos, sin inversiones considerables, ni mucha mano de obra.



Figura 2. Fotos del taller de sensibilización 2: Extractos vegetales como alternativa de control para el manejo de agentes nocivos en los agroecosistema.

Durante el ensayo en el campo los productores participaron activamente aplicando los productos de la forma habitual que aplican otros plaguicidas químicos y estimulantes vegetales. Los muestreos de *P. xylostella* fueron realizados en conjunto, mostrándole las diferentes fases del insecto y otros aspectos importantes desde el punto de vista fitosanitario, de manera que fuera evidente para ellos la comparación entre los tratamientos y los resultados de los mismos.

En la Figura 3 se refleja el comportamiento de las poblaciones de *P. xylostella* con la utilización de productos naturales antes de la aplicación (PiN) y después de la misma (PfN) y con la utilización de productos químicos sintéticos antes (PiQ) y después de la aplicación (PfQ).

En el muestreo inicial se registraron poblaciones de un 65% de infestación, sin aplicarse previamente ningún insecticida. Después de la primera aplicación con el extracto de *A. Indica*, del cual los productores tenían referencias positivas en el manejo de plagas, el nivel poblacional se redujo alcanzado una efectividad técnica de 70%, coincidiendo con lo expresado por Martínez *et al.* (2007) cuando señalan la eficacia de esta planta para el control de *P. xylostella*. En este momento en la otra

variante se aplicó Tiacloprid (Monarca, Insecticidas Neonicotinoide), producto que usualmente utilizan los productores para el manejo de este insecto, logrando una efectividad de 84.3%, como promedio de las tres evaluaciones realizadas, a las 24, 48 y 72h, coincidiendo con lo planteado por BAYER (s. a.) cuando expresa que este producto es de mucha efectividad contra plagas muy dañinas, dentro de las que se encuentra *P. xylostella*.

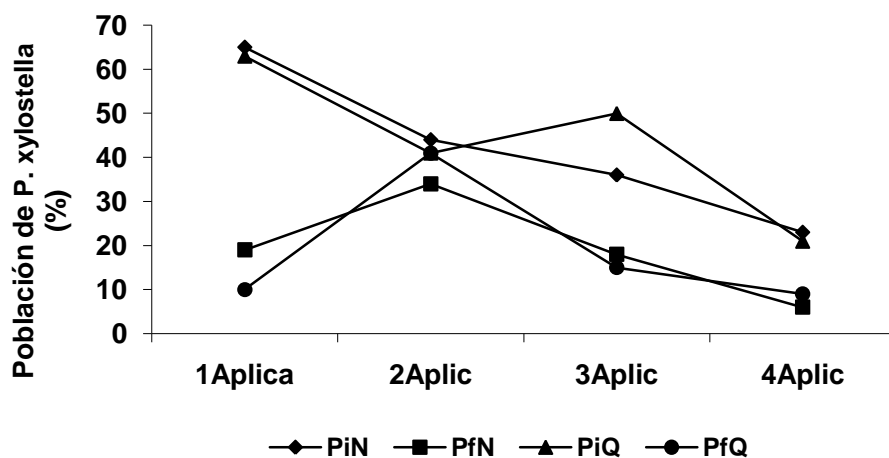


Figura 3. Comportamiento de *P. xylostella* con la utilización de productos naturales y químicos antes y después de la aplicación.

Transcurridos siete días de la primera aplicación se procedió a muestrear para conocer el nivel en que se encontraba la plaga, obteniendo un 45 y 41% de infestación, donde se utilizó el producto natural y el químico respectivamente, posteriormente se determinó conjuntamente con los productores, realizar la aplicación del extracto de *P. hysterophorus*, teniendo en consideración lo planteado por Sohal et al. (2002), donde recomiendan la utilización de este preparado para lograr una disminución considerable de larvas de lepidópteros por la acción de la partenina, principal metabolito con efecto insecticida de esta planta, lográndose una efectividad solamente de 24%, resultado no favorable, lo que pudo estar dado a la baja susceptibilidad de esta plaga al principio activo aplicado. Solórzano (1993), plantea que por lo general, ninguna de las especies vegetales usadas como insecticidas tienen la actividad fulminante sobre los insecticidas organosintéticos, es por esto que la población de insectos no disminuye bruscamente con el uso de insecticidas fabricados de plantas. En la variante de insecticidas químicos se utilizó Clorfenapir (Pirate, Insecticidas Pirroles) y la efectividad fue nula debido que inmediatamente después de culminado el tratamiento químico, ocurrió una lluvia considerable en el campo donde se realizó el ensayo.

Como los resultados de las aplicaciones anteriores no fueron favorables se precedió con el empleo del extracto de *A. sativum* como tercer producto natural empleado para el manejo de la plaga; después de realizada la aplicación se evidenció una la efectividad de un 64%; coincidiendo con lo expuesto por Sánchez (2002), cuando se refiere a que el disulfuro de alipropilo uno de los principios activos fundamentales de esta especie, que controla plagas de diferentes cultivos, de la misma manera Lara *et al.* (1995), plantean que según las características y el modo de acción de este tipo de preparados de origen vegetal, una mortalidad superior al 50% puede considerarse efectiva y por tanto constituir una alternativa para el manejo agroecológico de plagas.

En la variante dos en este mismo momento se aplicó tiacloprid por segunda vez, alcanzándose un 70% de efectividad, lo que es considerada poco adecuada según lo expuesto por Ware y Whitaere (2004), cuando señalan la alta efectividad potencial de este agrotóxico. En este caso se evidencia que en la tercera aplicación de productos ya sean naturales o químicos la mortalidad lograda fue similar para los dos productos y por ende la efectividad de ambos.

Por último, se aplicó el extracto de *A. indica* por segunda vez, pues fue el que mayor efectividad tuvo de los tres extractos utilizados, logrando una reducción del 23% al 6% de infestación, logrando una efectividad de 73.9% considerándose apropiada para este tipo de preparados y además de estar justificado por el efecto antialimentario – repelente que presentan los preparados naturales a base de nim (Source, 2001). En las parcelas donde se utilizó Clorfenapir después del muestreo se población bajó hasta un 5%, alcanzándose una efectividad de 81%, coincidiendo con lo planteado por Ware y Whitaere (2004), cuando expresan que este producto afecta el sistema fisiológico de los insectos, provocándoles la muerte.

Una vez culminado el ensayo de campo se realizó un intercambio de criterios entre los productores acerca de las experiencias obtenidas durante este periodo, en el que hasta los de segundo y cuarto grado de escolaridad, que coincidían con los dos de edad muy avanzada de 75 y 86 años respectivamente se mostraron motivados con la actividad y expusieron sus criterios de acuerdo con las experiencias obtenidas durante toda su vida en la producción.

Al analizar con los productores se les demuestra que en el caso estudiado, los resultados obtenidos con el empleo de extractos vegetales y productos químicos para el control de *P. xylostella* fueron similares en cuanto a efectividad de los productos empleados para los tratamiento. Sin embargo, el empleo de extractos vegetales confeccionados a partir de metodologías simples al alcance de ellos y sus familiares con materiales de fácil adquisición, con la utilización de los recursos mínimos, se logró disminuir la población del insecto con menores gastos y lo más importante, sin poner en riesgo su salud y el medio

ambiente, cuestiones que quedaron visiblemente esclarecidas entre los productores que realizaron el análisis de conjunto con los moderadores del taller, pues apreciaron claramente como fluctuó la población de *P. xylostella* en las diferentes variantes empleadas.

Al final de este debate se les facilitó a cada participante un documento, donde se registraban varias plantas de fácil adquisición, con propiedades para ser utilizadas en el manejo de agentes nocivos, su descripción, las partes de la planta de mayor contenido de metabolitos secundarios utilizados para este fin y diferentes formas de preparar los extractos, según lo propuesto por Rodríguez (2006). Siempre se hizo énfasis en que estas solamente eran propuestas y por tanto estaban sujetas a cambios, que lo más importante eran las experiencias que ellos alcanzaran con el transcurso del tiempo utilizando los extractos vegetales para el manejo de agentes nocivos en sus agroecosistemas.

Luego de transmitido el video “Alimentos sanos y una mejor calidad de vida” (RAP-AL, 2006), el cual muestra algunas vivencias de agricultores de América Latina que utilizan prácticas agroecológicas en sus fincas. Ofrece algunos criterios sobre que es la agroecología, en que se basa, además, como hacer mejor utilización de los recursos del sistema y como aprovecharlos de manera óptima.

Además, en el video los productores de Latinoamérica exponen como controlan las plagas en sus cultivos con preparados de plantas que tienen en sus fincas y citan algunas plantas que pueden utilizarse con este propósito. Se enfatizó sobre la importancia del cuidado y conservación de la biodiversidad, en los sistemas agrícolas. Una vez concluido el video se realizó el debate correspondiente al mismo, donde los productores manifestaron sus criterios.

Al finalizar expresaron los aspectos positivos, negativos e interesantes de este periodo.

Las principales respuestas de los participantes fueron: a) Se sentían muy motivados con este trabajo realizado en la finca, b) Que se ahorrarían un poco de dinero con la utilización de los extractos, c) Tenían interés en probar los extractos en otros cultivos, d) Conocieron la parte negativa de la lucha química, e) Aprendieron la elaboración de extractos vegetales y su efecto en el control de plagas, f) Determinaron la importancia de cuidar el medio ambiente mediante el uso de alternativas naturales de control de insectos, g) Mejoraron su percepción en el cuidado a la salud y el medio ambiente

Las respuestas dadas resultaron satisfactorias pues mostraron la motivación de los participantes y a la posibilidad de que los extractos vegetales sean insertados en sus sistemas de producción agrícolas.

CONCLUSIONES

Se sensibilizó a los productores de la Finca “La Asunción” con los efectos negativos que conlleva la utilización masiva y empírica de plaguicidas químicos sintéticos en los agroecosistemas.

Se capacitó, por técnicas participativas, a los productores de la Finca. “La Asunción” para la elaboración de los extractos vegetales, partiendo de plantas de su entorno, y su aplicación como una alternativa más para la regulación de agentes nocivos en cultivos agrícolas.

Los agricultores percibieron los efectos positivos en el control de insectos nocivos con el empleo de los extractos vegetales.

Los resultados del taller muestran una alternativa de aprendizaje por parte de los productores para implementar tecnologías alternativas de producción mediante recursos naturales locales y de bajo costo, observándose una apropiación de la misma y logrando una actitud reflexiva en los impactos negativos que provocan los productos químicos

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:264-267
- Altieri, M.; Nichols, C. 2000. *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. 1^{ra} Edición. PNUMA. DF México, México: 257p.
- Altieri, M.; Nichols C. 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. *Perspectivas agroecológicas* N° 2. Icaria. Barcelona, 2006.
- Bayer (s.a). CropScience: Monarca. [s.l.a.n].
- Gliessman, S. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE, Turrialba, C.R. 359 p.
- González, V. 2003. “Saberes y agricultura como forma de vida: estudio comparativo entre los hñähñüs de San Juan Tuxtepec, Chapa de Mota y los campesinos mestizos de Jilotepec, Estado de México”. Tesis de Doctorado, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Universidad Autónoma de México, México DF, México: 105 p.
- Kaplún, M. 2002. *Una pedagogía de la comunicación*. Editorial Caminos, La Habana, Cuba: 246 p.
- Lara, M.; Pérez, E.; Castillo, S.; Acosta, B. 1995. Efecto del extracto de *Dicrostachys nutans* (L.) contra *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Memorias del evento BioPlag 95*. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. C. Habana. Cuba.
- Maggi, M. 2004. “Insecticidas naturales”. Laboratorio de Química Fina y Productos Naturales”. Disponible en: www.monografias.com/trabajos18/insecticidas-naturales /insecticidas-naturales.shtml - 58k. Const.14. Consultado en Dic /2005.
- Martínez, E.; Barrios, G.; Rouesti, L.; Santos R. 2007. *Manejo Integrado de plagas*. Impresión Grup. Bou, Tarragona, España. 526 p.
- Nivia, E. 2001. “Por la eliminación de los plaguicidas extremada y altamente tóxicos. Disponible en:

- www.semillas.org.co/articulos.htm?x=30087&cmd%5B111%5D=c-1-21. Consultado: 29 de noviembre de 2005.
- ONE, 2000. Oficina Nacional de Estadística: *Anuario Estadístico de Cuba*, pdf, disponible. Oficina Municipal de Estadística OLPP. San José de las Lajas.
- Pérez, N. 2007. "Manejo Ecológico de Plagas: avances de la experiencia cubana". En: *Memorias del Seminario Internacional "Agroquímicos, Transgénicos y sus Alternativas para América Latina y el Caribe"*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Pérez, N.; Vázquez, L. 2001. Manejo Ecológico de Plagas. Pág. 191-224. **En:** *Transformando el campo cubano: Avances de Agricultura Sostenible*. F. Funes, M. Bourque, L. García, N. Pérez, P. Rosset (eds.) ACTAF-CEAS-Food First, La Habana, Cuba.
- Pinzón, E. 2006. Enfoque participativo del manejo integrado de plagas en el sector cooperativo de San Antonio de los Baños. Tesis en opción al título académico de Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba: 75 p.
- RAP_AL (Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina). 2006. Por un mundo libre de plaguicidas y transgénicos.
- RAP_AL. (Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina). 2006. Alimentos sanos y una mejor calidad de vida.
- Rodríguez, C. 2006. Potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Pág.133. **En:** *Plantas contra plagas*. Ed. Limusa. México.
- Sánchez, T. 2002. Contaminación del suelo y lucha biológica. Disponible en: www.corazonverde.org/proyectos/ecojardin.html. Consultado: 3 de diciembre de 2005.
- Sevilla, G. 2002. Agroecología y desarrollo rural sustentable: una propuesta desde Latinoamérica. Primer manual argentino de Agroecología: el camino para una agricultura sustentable. Argentina: 221p.
- Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J. C.; Rodríguez, D. 2002. Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Manejo Integrado de Plagas (CATIE)* 61:25-29.
- Sohal, S.; Rup, P.; Kaur, H.; Kumari, N.; Kaur, J. 2002. Evaluation of the pesticidal potential of the congress grass, *Parthenium hysterophorus* Linn. on the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.). *J. Environmental Biology*, 23(1):15-18.
- Solórzano, R. 1993. Manejo de plagas y el sistema de producción orgánica en Guatemala: Bases prácticas de la agroecología en el desarrollo centroamericano. Guatemala: Tecnología Apropiada.
- Source, P.; Copping, L.G. [eds.] 2001. *The BioPesticide Manual*. Second Edition. British Crop Protection Council, Farnham, UK.
- Vázquez, L. 2003. Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas para extensionistas. Ediciones INISAV (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal). Ciudad de La Habana, Cuba: 566 p.
- Vázquez, L. 2004. El manejo agroecológico de la finca. Una estrategia para la prevención y disminución de las afectaciones por plagas agrarias. ACTAF. La Habana. Cuba.
- Vázquez, L.; E. Fernández, J. Lauzardo, T. García, J. Alonso y R. Ramírez, 2005. Manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana. CIDISAV. La Habana, Cuba.
- Vento, D. 2006. Los extractos vegetales para el manejo de agentes nocivos. Tesis en opción al título académico de Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana. La Habana,

Cuba: 63 p.

Ware, G., Whitacre, M. 2004. Introducción a los insecticidas (4^{ta} edición) **En:** The Pesticide Book, 6th ed*. Publicado por MeisterPro Information Resources. Una división de Meister Media Worldwide. Willoughby, Ohio

Capítulo XVIII

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS EN LA PRODUCCION DE HIERBAS AROMATICAS ORGÁNICAS EN BAJA CALIFORNIA SUR

Current situation and perspectives in the production of aromatics organic herbs in Baja California Sur.

F. Alfredo Beltrán-Morales¹, F. Higinio Ruiz-Espinoza¹, José G. Loya-Ramirez¹, Bernardo Murillo-Amador², Sergio Zamora-Salgado¹, José Antonio Beltrán Morales¹, Enrique Troyo-Dieguez², José Luis García Hernández³.

En memoria del Dr. Liborio Fenech Larios ††

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. La Paz, BCS. AP-19-B, CP-23080. ²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita AP- 128; La Paz, BCS 23090, México. ³Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Ejido Venecia, Gómez Palacio Durango. ‡Autor responsable: (abeltran@uabcs.mx)

RESUMEN

La demanda por alimentos con mayor calidad está en aumento en el mundo, en particular en los países con más altos ingresos. Baja California Sur es el único productor de albahaca orgánica a nivel nacional, por lo que se ubica como el líder nacional. La oferta de la albahaca producida en Baja California Sur se realiza al mercado internacional principalmente a los Estados Unidos. La producción de albahaca debe cumplir con la NOP (National Organic Program) de Estados Unidos, que es la norma que rige para la internación del producto. La demanda se cubre bajo esquemas de ventas anticipadas a EEUU. Se produce lo que “el cliente pida” los clientes son distribuidores, comercializadores, pero también se dirige a Restaurantes Gourmet.

El rendimiento que presentó el cultivo de la albahaca orgánica en 1997 fue de 3.04 ton ha⁻¹ mientras que en el 2003 fue de 5.5 ton ha⁻¹ y para el 2006 fue de 7.0 ton ha⁻¹. La mayor producción se obtuvo en

el año 2003 con 3,856.4 toneladas en una superficie de 810 has. En el año 2006 la producción de albahaca bajo a niveles de solo 142 toneladas en una superficie de 140 hectáreas. Esto probablemente se debió a la problemática sanitaria que se presentó con *Salmonella* en la frontera con los Estados Unidos. A pesar de ello en los años recientes los niveles de producción y superficie de siembra se han ido recuperando.

Palabras clave: *Albahaca, comercialización, productividad, agricultura orgánica, certificación.*

SUMMARY

Baja California Sur is the sole producer of organic Basil nationally, which becomes the leader at the national level. Basil produced in Baja California is offered in the international market, primarily in the United States. Consume for higher quality food is increasing in the world, particularly in countries with higher income. Basil production must meet with the United States National Organic Program (NOP) because it is the standard that applies at international level.

Exporting basil to the United States is carried out through the early sales model. This model requires the farmer to produce what "customer requests" and thus, clients are distributors and marketers. Another volume is also exported to Gourmet restaurants. The yield, in Baja California Sur in 1997, was 3.04 ton ha⁻¹, in 2003 was 5.5 ton ha⁻¹ and 2006 was 7.0 ton has⁻¹. The larger production won in 2003 with 3,856.4 tons in an area of 810 has. In 2006, Basil production dropped only 142 ton in a surface of 140 ha. This is probably due to health issues with *Salmonella* in the border with the United States. However, in recent years, the levels of production and seed surface have been recovering.

Key words: Basil, commercialization, productivity, organic agriculture, certification.

INTRODUCCION

En la agricultura convencional, actual predominan paquetes tecnológicos generados en la década de los sesentas, que están orientados a obtener los máximos niveles de producción agropecuaria, sustentados en el uso masivo de insumos agrícolas de origen inorgánico o de síntesis química, tales como fertilizantes químicos y plaguicidas en general. Otros rasgos importantes de la agricultura convencional es el monocultivo sembrado en terrenos planos y extensos, así como la

utilización intensiva de maquinaria en todo el proceso productivo, cuyo uso ha causado un deterioro gradual de los agroecosistemas que se refleja en una pérdida del equilibrio biológico del suelo.

La expresión máxima, de ese enfoque de hacer agricultura, fue la mal llamada “Revolución verde”, cuyas tecnologías promueven el uso intensivo del suelo mediante el empleo de dosis altas de insumos de la producción, agua, agroquímicos sintéticos, semillas mejoradas y mecanización, principalmente. Este sistema de producción de alimentos ha sido severamente cuestionado por sus defectos como modelo de producción, porque es altamente consumidor de energía. Además, es frágil, económica y biológicamente; es ineficiente energéticamente y es autodestructivo (Ruiz, 1999a).

Quizá, el exceso más notorio sean los fertilizantes químicos por sus efectos inmediatos sobre el crecimiento de las plantas. Aunque se dice que su uso en sí no es la causa contaminación, sino su empleo inadecuado, sus efectos adversos se han hecho evidentes en varias regiones agrícolas donde los daños físicoquímicos en suelo, aire, y agua son indudables. El daño terminal en estas áreas se manifiesta incluso en la muerte de seres humanos y animales que consumen algunos de estos compuestos por diferentes vías o simplemente que están expuestos a sus efectos (Barrales, 1998).

La agricultura orgánica es un sistema de producción de alimentos tanto frescos como procesados, derivados de plantas y animales, que prescinde del uso de productos de síntesis química, como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas, reguladores de crecimiento en plantas y animales, así como edulcorantes y conservadores sintéticos, en los productos transformados, que puedan causar contaminación de alimentos o del ecosistema (Ruiz, 1998, Ruiz, 1999).

El término orgánico es referido no al tipo de insumos empleados sino al concepto de agricultura como un organismo, en la cual todas las partes que la componen (el suelo mineral, el agua, materia orgánica, microorganismos, insectos, plantas, animales y humanos), interactúan para formar un todo coherente, es decir un sistema biológico (ITC, 1999, Ruiz, 1999a).

La agricultura orgánica es el único sistema de producción que integra holísticamente al suelo-agua-planta-animal-hombre y medio ambiente, del cual se obtienen alimentos más nutritivos. El control de dicho sistema está asegurado durante todas las fases de la producción, transformación y de la comercialización. Consecuentemente, la agricultura orgánica es un sistema de producción sostenible.

La producción de productos orgánicos debe realizarse bajo una normatividad y procedimientos de certificación establecidos a nivel nacional e internacional. La agricultura orgánica se practica desde el nacimiento de la agricultura; sin embargo, la agricultura orgánica moderna comienza en Europa en 1920 y lucha, en sus primeros años, frente al grupo de poder del movimiento químico. Este movimiento

contra la revolución verde fue encabezado por el Austriaco Rudolf Steiner, filósofo y educador, quien en 1924 expresó los principios de una agricultura fundada en un criterio antroposófico.

La demanda por alimentos con mayor calidad está en aumento en el mundo, en particular en los países con más altos ingresos, como consecuencia. Son varios factores que influyen en este fenómeno, entre otros: un mayor conocimiento de los consumidores de la relación entre una buena dieta y la salud; mayor importancia concedida a las características y atributos nutricionales de los alimentos; mayor acceso a la información sobre nuevas tecnologías de producción y procesamiento de alimentos; los productores y distribuidores de alimentos están respondiendo a los cambios en las preferencias de los consumidores, mediante la ampliación y modificación de la variedad de alimentos ofrecidos en venta y, finalmente, se está dando importancia a la información comercial para los consumidores en lo referente al etiquetado y la rastreabilidad (Salazar, 1999).

El sobreprecio o *premium* en los productos orgánicos, respecto a los convencionales, ha sido uno de los principales factores que ha motivado el crecimiento de la agricultura orgánica a nivel mundial. Este sobreprecio es debido a los costos de certificación, el largo tiempo de transición (aproximadamente 3 años), la disminución del rendimiento en los cultivos y el incremento en el costo de la mano de obra, entre otros.

Los sobreprecios que reciben los productos orgánicos a nivel mundial son sumamente variables, dependiendo del producto, su disponibilidad en el mercado, la facilidad o lo complicado de los métodos de producción, así como las leyes de la oferta y la demanda (Gómez *et al*, 1999).

Los granos orgánicos en los Estados Unidos han mostrado precios *premium* entre 22 y 132%; en cambio los precios *premium* internacionales del café orgánico han fluctuado entre 18 y 33%. Dichos precios para hortalizas son más variables, ya que para la acelga se ha tenido un sobreprecio promedio del 5%, mientras que en la berenjena es de 183%, en la lechuga del 7 a 79% y en la zanahoria de 122%. Basado en estos datos, en términos generales, se ha establecido que el rango promedio de este sobreprecio o precio *premium* a nivel internacional de los productos orgánicos es del 20 al 40% (Gómez *et al*, 1999a, USDA, 1999).

Requisitos de producción y manejo orgánico

Según la reglamentación y el manual de operaciones de la empresa certificadora Oregon Tilth Certified Organic (OTCO, 2002), quienes certifican buena parte de la producción de albaha organica en Baja California Sur, afirman que el productor o negociante de una operación de producción o de manejo destinada a vender, rotular o representar productos agrícolas como “100 por ciento orgánico”,

“orgánico”, o “elaborado con orgánico (ingredientes especificados o grupo(s) de alimentos)” deberá cumplir con las disposiciones pertinentes. Las prácticas de producción implantadas deberán mantener o mejorar los recursos naturales de la operación, incluyendo la calidad del suelo y del agua. (OTCO, 2002).



Figura 1. Empresa certificadora Oregon Tilth Certified Organic

Plan para el sistema de producción o de manejo orgánico.

(a) El productor o negociante de una operación de producción o de manejo, destinado a vender, rotular o representar productos agrícolas como “100 por ciento orgánico”, “orgánico”, o “elaborado con orgánico (ingredientes especificados o grupo(s) de alimentos)” deberá desarrollar un plan para el sistema de producción o de manejo orgánico con el que esté de acuerdo el productor o el negociante y un agente certificador acreditado. Un plan para el sistema orgánico deberá llenar los requisitos para la producción o de manejo orgánico. Este plan deberá incluir:

- (1) Una descripción de prácticas y procedimientos a realizarse y mantenerse, incluyendo la frecuencia con la que se llevarán a cabo;
- (2) Una lista de cada sustancia a usar como un insumo para producción o manejo, indicando su composición, fuente, localización(es) dónde se usará, y la documentación de disponibilidad comercial, tal como sea pertinente;
- (3) Una descripción de las prácticas de la observación continua y de los procedimientos que se realizarán y se mantendrán, incluyendo la frecuencia con la cual se desempeñarán, para verificar que el plan se ha implantado efectivamente;
- (4) Una descripción del sistema de mantenimiento de registros implantado para cumplir con los requisitos establecidos,

- (5) Una descripción de las prácticas administrativas y barreras físicas establecidas para prevenir la mezcla de productos orgánicos y no orgánicos en una operación dividida y prevenir el contacto de operaciones de producción y de manejo orgánico así como productos con sustancias prohibidas; y
- (6) Información adicional considerada necesaria por un agente certificador para evaluar el cumplimiento de los reglamentos. (OTCO, 2002),

Para alcanzar el estándar de práctica de fertilidad del suelo y manejo de nutrimentos en la producción de cultivos orgánicos, el productor deberá cumplir los siguientes requisitos para el cultivo de productos orgánicos según su normatividad interna y la Normatividad de Producción Orgánica (NOP) de los Estados Unidos.

- a. El productor deberá seleccionar e implantar prácticas de labranza y cultivo que mantengan o mejoren la condición física, química y biológica del suelo y minimicen su erosión.
- b. El productor deberá manejar nutrimentos para cosechas y fertilidad del suelo por medio de rotaciones, cosechas de cobertura y aplicación de materiales de la vida vegetal como abonos verdes y vida animal.
- c. El productor deberá manejar materiales de vida vegetal y animal para mantener o mejorar el contenido de material orgánico del suelo de una manera que no contribuya a la contaminación de las cosechas, del suelo o agua con exceso de nutrimentos para la vida vegetal, con organismos patogénicos, metales pesados o residuos de sustancias prohibidas.

Los materiales de vida vegetal y animal incluyen:

(1) Estiércol crudo de animal, que se deberá convertir en abono a menos que se:

- (i) Aplique en el terreno que se utilizó para una cosecha que no sea destinada para el consumo humano.
- (ii) Incorpore dentro del suelo no menos de 120 días antes de cosechar un producto cuya porción comestible tenga contacto directo con la superficie del terreno o partículas del suelo; o
- (iii) Incorpore dentro del suelo no menos de 90 días antes de cosechar un producto cuya porción comestible no tenga contacto directo con la superficie del terreno o partículas del suelo;

(2) Materiales de vida vegetal y animal convertidos en abono producido por medio de un proceso que

- (i) Estableció una proporción inicial C:N entre 25:1 y 40:1; y

- (ii) Mantuvo una temperatura entre 131° F y 170 ° F durante 3 días usando un sistema ya sea de amontonado o aireado estático o bien dentro de una vasija; o
- (iii) Mantuvo una temperatura entre 131 ° F y 170 ° F durante 3 días utilizando un sistema de hilera para conversión en abono, durante cuyo período, las materias se debían girar cinco veces como mínimo.

(3) Materiales de vida vegetal no convertidos en abono.

(d) Un productor podrá manejar nutrientes para las cosechas y la fertilidad del suelo con el objeto de mantener o mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo de una manera que no contribuya a la contaminación de las cosechas, del suelo o agua causado con exceso de nutrientes para la vida vegetal, organismos patogénicos, metales pesados o residuos de sustancias prohibidas. Estos propósitos son posibles con la aplicación de:

- (1) Un nutriente para cosechas o para rectificación del suelo incluido en la Lista Nacional de Sustancias Sintéticas Permitidas para el uso en la Producción de Cosechas Orgánicas;
- (2) Una sustancia mineral extraída de baja solubilidad;
- (3) Una sustancia mineral extraída de alta solubilidad, siempre que la sustancia se use en cumplimiento con las condiciones establecidas en la Lista Nacional de Materiales no Sintéticos Prohibidos en la Producción de Cosechas;
- (4) Las cenizas que se obtengan por quemar un material de vida vegetal o animal, no debe haber sido tratado o combinado con una sustancia prohibida o las cenizas ni deberán estar incluidas en la Lista Nacional de Sustancias no Sintéticas Prohibidas para el uso en la Producción de Cosechas Orgánicas;
- y
- (5) Un material de vida vegetal o animal que haya sido alterado químicamente por medio de un proceso de manufactura: Siempre que el material se incluya en la Lista Nacional de Sustancias Sintéticas Permitidas para el uso en la Producción de Cosechas Orgánicas que se establecen en la norma.

(e) El productor no deberá utilizar:

- (1) Cualquier material fertilizante o de vida vegetal o animal convertido en abono que contenga una sustancia sintética no incluida en la Lista Nacional de Sustancias Sintéticas Permitidas para el uso en la Producción de Cosechas Orgánicas;
- (2) Fango de aguas residuales (biosólidos); y

(3) Un incendio como medio para destrucción de los residuos de cosechas producidos en la operación: excepto que el incendio se pueda usar para contener propagación de enfermedades o estimular la germinación de las semillas.

Prácticas para el manejo de plagas, maleza y enfermedades.

(a) El productor deberá usar prácticas de manejo para la prevención de plagas, malezas y enfermedades que incluyan pero no se limiten a:

- (1) Prácticas de manejo para la rotación del suelo y nutrimentos;
- (2) Medidas sanitarias para expulsar portadores de enfermedades, semillas de maleza, y hábitat para organismos de plagas; y
- (3) Prácticas de cultivo para acrecentar la salud de los cultivos, incluyendo la selección de especies y variedades de plantas con relación a la conveniencia de condiciones y resistencias específicas del lugar y resistencia contra las plagas predominante, maleza y enfermedades.

(b) Problemas de plagas se pueden controlar por medio de métodos mecánicos o físicos que incluyan pero no se limiten a:

- (1) Aumento o introducción de predadores o de parásitos de la especie de la plaga;
- (2) Desarrollo del hábitat para enemigos naturales de las plagas;
- (3) Controles no sintéticos tales como señuelos, trampas y repelentes

(c) Problemas de maleza se pueden controlar por medio de:

- (1) Pajote con materiales totalmente biodegradables;
- (2) Segar;
- (3) Pastoreo;
- (4) Recolección manual de maleza y cultivo mecánico;
- (5) Llama, calor, o medios eléctricos; o
- (6) Pajotes de plástico u otros sintéticos: Siempre que, se retiren del campo al final de la estación de cultivo o de recolección de la cosecha.

(d) Problemas de enfermedades se pueden controlar por medio de:

- (1) Prácticas de manejo que contengan la propagación de organismos de enfermedades; o
- (2) Aplicación de insumos no sintéticos, biológicos, botánicos o minerales.

(e) Cuando las prácticas dispuestas en los párrafos (a) hasta (d) de esta sección no sean suficientes para prevenir o controlar la plaga en cultivos, malezas, y enfermedades, una sustancia biológica o botánica o una sustancia incluida en la Lista Nacional de sustancias sintéticas permitidas para el uso en la producción de cosechas orgánicas se pueden aplicar para prevenir, contener o controlar la plaga, maleza o enfermedades: siempre que, las condiciones para el uso de la sustancia se documente dentro del plan de sistema orgánico.

(f) El productor no deberá usar madera tratada con arseniato u otros materiales prohibidos para propósitos de nuevas instalaciones o remplazos en contacto con el suelo o la ganadería.

El cultivo de la albahaca orgánica

En el ámbito internacional, los principales países productores de albahaca o ahahaga (*Ocimum basilicum*) son España, Italia, Francia, Egipto y México. Hay otros países que producen, como Canadá, Hungría y Alemania. Sin embargo, no existe información confiable que refleje volúmenes de producción o datos de la balanza comercial.

Actualmente, en México se trabajan productos orgánicos como café, hortalizas, miel, cacao, amaranto, ajonjolí, entre otros. Siendo México el primer país exportador mundial de café orgánico. (SAGARPA, 2004)

El consumo de estos productos va creciendo a un ritmo del 20 a 25 % anual, lo que le da a la agricultura orgánica una viabilidad en diferentes los sentidos: económica, social y ambiental. Los productos orgánicos implican un esfuerzo mucho mayor de los productores comparados con los productores convencionales.

El costo de producción es del 20 al 50% mayor al precio standard. No obstante, la demanda de estos productos está siendo cada vez mayor, sobre todo en el mercado internacional. En nuestro país, aún no se tiene una alta demanda debido a los precios en el mercado, así como otros factores de índole cultural.



Figura 2. Producción de plántula de albahaca.

La producción orgánica en el estado de Baja California Sur se ha venido rigiendo por algunos principios como son el usar y aprovechar los recursos de los Ejidos y de la localidad. Los productores orgánicos de Baja California Sur han impulsado su independencia y autosuficiencia gracias a la agricultura orgánica. Ellos han ido creciendo integralmente, aprendiendo, abriendo surcos y cosechando logros importantes para su calidad de vida.

Baja California Sur es el único productor de albahaca orgánica en el ámbito nacional. El 100% de albahaca producida en el Estado está certificada como orgánica. Aunque el cultivo de albahaca también se produce en los estados de Morelos y Nayarit, en dichos estados se realiza de manera convencional (no orgánica), por lo que no representa competencia para el sistema-producto albahaca orgánica para BCS. (SAGARPA, 2004)

La oferta de albahaca sudcaliforniana se efectúa en el ámbito internacional, específicamente en los mercados de California, Texas y Chicago en los Estados Unidos de América. La siembra se realiza en las épocas de otoño-invierno y primavera-verano. En la época de otoño-invierno es cuando se siembra el mayor número de hectáreas llegando a 500 en el año 2002 y a 200 ha en primavera-verano. (SAGARPA, 2004)



Figura 3. Corte y cosecha de albahaca orgánica.

La agricultura orgánica se conceptualiza como un sistema integral de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agrosistema y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad microbiológica del suelo. Los sistemas de producción orgánica se basan en normas de producción específicas y precisas cuya finalidad es lograr agrosistemas óptimos y que sean sostenibles desde el punto de vista social, económico y ecológico. Los requisitos para los alimentos producidos orgánicamente difieren de los relativos a otros productos agrícolas en el hecho de que los procedimientos de producción son parte de la identificación y etiquetados de tales productos (CODEX, 1999).



Figura 4. Lavado y pre-empacado de albahaca.

La certificación es un sistema de confianza que permite a los consumidores, mediante un sello específico, identificar cuando un producto ha sido cultivado en todo su proceso productivo bajo estrictas normas de producción orgánica. Se certifica que los sistemas de producción desde la semilla o plántula hasta que el producto llega a manos del consumidor, estén libres de agentes contaminantes como insecticidas, fertilizantes o agentes microbiológicos que puedan dañar la salud humana.

La albahaca orgánica producida en Baja California Sur cumple con la Norma de Producción Orgánica (NOP) de los Estados Unidos de América, la albahaca es uno de los productos más apreciados en el sector de hierbas y hortalizas como alimento, sazónador y/o producto medicinal. (SAGARPA, 2004).

La agricultura en Baja California Sur representa una actividad económica de gran importancia para el estado, contribuyendo con el 5.3 % del PIB estatal en el 2006, junto con la actividad ganadera, silvicultura y pesca. A pesar que se cuenta con una gran extensión territorial, 73,922 km² que representan el 3.8 % del país, esta actividad no se ha desarrollado debido a la limitante principal que es la disponibilidad de agua para uso agrícola. Es por ello que el Gobierno Federal y Estatal han establecido políticas para el uso eficiente del agua, disminuyendo gradualmente la dotación de agua para esta actividad lo cual ha ocasionado una disminución en las áreas destinadas a la agricultura. Para hacer frente a este problema, los productores agrícolas han implementado sistemas de riego tecnificado que les permita sostener e incrementar las superficies de cultivos. Otra opción es la producción de cultivos de bajo requerimiento de agua o bien el establecimiento de pequeñas superficies de cultivos con manejo orgánico que representan un mayor ingreso para los productores.



Figura 5. Empaque de hierbas y hortalizas orgánicas.

En el estado existen zonas agrícolas distribuidas a lo largo de toda la entidad, entre las principales que podemos mencionar esta El Valle de Vizcaíno, Valle de Mulege, San Juan Londó, Valle de Santo Domingo, La Conquista Agraria, Valle de la Paz, San Juan de los Planes, El Carrizal, Melitón Albañez, Todos Santos, El Pescadero, la zona productora orgánica de Los Cabos, entre otros. Según los datos del INEGI, Baja California Sur contó con una superficie de uso agrícola de 20,490.29 has el año 2007.

De acuerdo a la superficie sembrada en el Estado de Baja California Sur, de 1996 al 2006 se ha tenido un decremento de un 32 % en la superficie sembrada. Es importante destacar que los cultivos en los cuales se ha tenido un incremento por mas del 100 % en la superficie son, Papa, Napa, Fresa, Ejote, Mango, Sorgo forrajero, Maíz forrajero y Tomate Rojo, a la vez se observa que pese a la disminución en la superficie del cultivo de Litchi, Calabaza y Cilantro.

De lo anterior se deduce que los cultivos de mayor interés para el Estado de Baja California Sur, son en orden de importancia por su aportación en la económica estatal, el empleo y cobertura son; Tomate rojo, Chile verde, Papa, Alfalfa, Fresa, Esparrago, Garbanzo, Naranja, Maíz para grano, Pepino, Albahaca, Tomate verde o tomatillo, Trigo para grano y Mango.

Del mismo análisis se desprende que se presentan cultivos emergentes o de interés para el Estado, mismos que año con año han mostrado un incremento, por lo que se requiere fortalecer la innovación en el proceso productivo. También existen cultivos, que por su importancia económica a nivel municipal, tienen peso específico para ser considerados de importancia para el Estado. Entre los más importantes destacan el Higo y el Dátil. Otras cadenas productivas agrícolas de importancia para el Estado tomando en cuenta el rendimiento por hectárea y el valor por tonelada están el pasto “tapete”, especias medicinales, mejorana y berenjena.

También se presentan cadenas que por su precio en el mercado representan una alternativa para el estado. No obstante, resulta necesario buscar la manera de mejorar los rendimiento actuales por hectárea, entre estas podemos mencionar algunas hierbas aromáticas como Menta o Hierbabuena, Chives, Orégano, Tarragon, Salvia entre otras.



Figura 5. Embalaje y empacado de productos orgánicos

Producción de albahaca orgánica en Baja California Sur.

En el cuadro 1 se presenta la producción estatal de albahaca orgánica de 1992 a 2006. En este cuadro se puede observar que la mayor producción se obtuvo en el año 2003 con 3,856.4 toneladas en una superficie de 810 has, también en 2004 se tuvo una producción destacable con 2, 959. 95 toneladas sembradas en una superficie de 623 hectáreas.

Cabe mencionar que en año 2006 la producción de albahaca bajo a niveles alarmantes de solo 142 toneladas en una superficie de 140 hectáreas, esto probablemente se debió a la problemática sanitaria que se presentó con *Salmonella* en la frontera con los Estados Unidos.

Cuadro 1. Producción estatal de albahaca de 1992 a 2006

Año	Has	Ton
2006	140.00	142.67
2005	442.25	1,401.64
2004	623.50	2,959.95
2003	810.75	3,856.40
2002	408.00	1,361.90
2001	470.00	1,989.00
2000	523.00	1,282.40
1999	308.00	1,503.39
1998	358.00	1,441.00
1997	396.00	1,205.00
1996	392.00	967.00
1995	211.00	1,174.00
1994	20.00	66.00
1993	3.00	19.00
1992	41.00	466.00

Fuente: <http://www.oeidrus-bcs.gob.mx/>

Caracterización de la demanda

El producto albahaca debe cumplir con la NOP de Estados Unidos, que es la normativa que rige para la internación del producto. La demanda se cubre bajo esquemas de ventas anticipadas a EEUU. Se produce lo que “el cliente pida” los clientes son distribuidores, comercializadores, pero también se dirige a Restaurantes Gourmet.

Productividad

El rendimiento que presentó el albahaca orgánico en 1997 fue de 3.04 ton ha⁻¹ mientras que en el 2003 fue de 5.5 ton ha⁻¹ y para el 2006 fue de 7.0 ton ha⁻¹. Los datos mas recientes se presentan en el cuadro 2, donde se observa una superficie sembrada de 262.75 has con un rendimiento promedio de 6.6 ton ha⁻¹ en 2008.

Cuadro 2. Producción de albahaca orgánica en Baja California Sur 2008.

	Distrito	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio (\$/Ton)	Valor Producción (Miles De Pesos)
1	LA PAZ	64.50	64.50	0.00	570.00	8.84	14,987.37	8,542.80
2	LOS CABOS	195.25	195.25	0.00	1,171.50	6.00	17,181.00	20,127.54
3	MULEGE	3.00	3.00	0.00	1.00	0.33	35,000.00	35.00
		262.75	262.75		1,742.50	6.63	16,473.65	28,705.34

Fuente: <http://www.oeidrus-bcs.gob.mx/>

Necesidades del sistema producto albahaca orgánica

- Falta mejorar la tecnificación del riego
- Falta de asistencia técnica a algunas empresas
- Falta de capacitación para productores y resto de eslabones de la cadena
- Falta de organización para compartir experiencias y conocimientos
- Falta diseñar estrategias para minimizar impacto de costos al enfrentar retenes y aduanas (certificación de empaques)
- Falta mejorar la infraestructura existente
- Falta conocer más y saber aprovechar composición del suelo y el clima para la producción
- Falta diseñar estrategias para fortalecer y mantener la calidad del producto

En aspectos de comercialización:

- Falta de diversificación / incursión de nuevos mercados
- Falta diseñar estrategias para minimizar el impacto en costos por las distancias para exportar el producto
- Falta de información hacia el consumidor
- Falta de capacitación especializada
- Falta de organización para búsqueda de nuevos mercados
- Falta monitorear entrada de competencia
- Falta diseñar estrategias para bajar costos e impactos negativos en el transporte del producto
- Falta capitalizar el liderazgo, la organización y la experiencia de los productores
- Falta diseñar estrategias para fortalecer y mantener la calidad del producto

Cuadro 3. Producción de albahaca orgánica en Baja California Sur 2009-2010 (Información liberada en marzo 2010).

Ciclo: Año Agrícola					
Producto	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Siniestrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción Obtenida (Ton)	Rendimiento Obtenido (Ton/Ha)
ALBAHACA	316.75		95.25	627.000	6.583

Fuente: <http://www.oeidrus-bcs.gob.mx/>

En aspectos de organización

- Falta de capacitación integral en la administración general
- Falta de evaluaciones y seguimiento de representantes del comité
- Falta organización hacia lo individual en cada productor y en lo colectivo
- Falta fortalecer la responsabilidad y el cumplimiento en algunos productores
- Falta diseñar estrategias para fortalecer y mantener la calidad del producto

En aspectos de sanidad

- Falta información de productos orgánicos
- Falta información y resolución a problemas de plagas y enfermedades
- Falta capacitación
- Falta organización para enfrenar los problemas de sanidad
- Falta cuidar y vigilar a productores vecinos en sus tipos de cultivo y probables enfermedades o plagas
- Falta diseñar estrategias para bajar impactos negativos en la revisión del transporte del producto

Líneas estratégicas

- Para incrementar la eficiencia actual se requiere habilitar, modernizar y tecnificar los distintos zonas de producción que participan actualmente y los que se visualizan como potenciales áreas o superficies susceptibles practicar la producción orgánica. Se deben tomar medidas en torno a las acciones que disminuyen la rentabilidad y la productividad, así mismo, se deben diseñar programas acordes a resultados de análisis y estudios de oferta, demanda y competencia.
- Para lograr permanencia en el liderazgo se requiere continuar fomentando la cultura del trabajo asociado. Ello se logra impulsando la capacitación y adiestramiento de manera permanente.

Aprovechar los avances científicos y tecnológicos

- Para mantener competitividad e incrementar la rentabilidad se debe continuar intercambiando conocimientos y experiencias tanto con productores de otras latitudes como con y entre investigadores locales, nacionales e internacionales. De igual forma, la transferencia de tecnología se torna indispensable para este propósito, por lo que se debe impulsar la participación y presencia en foros y exposiciones con entidades, países, instituciones o agencias especiales y expertos en la materia.

Mejorar y mantener condiciones de sanidad

- Para mejorar las condiciones de sanidad se deberá coadyuvar con las autoridades en la puesta en marcha de sus programas, también se deberá vigilar de manera estricta la aplicación de normas e impulsar acuerdos entre sectores y agentes involucrados.

CONCLUSIONES

Los productores orgánicos de Baja California Sur han impulsado su independencia y autosuficiencia, han crecido integralmente. Han ido aprendiendo, abriendo surcos y cosechando logros importantes para mejorar su calidad de vida, lo que constituye un elemento esencial para alcanzar los objetivos nacionales en las materias de desarrollo rural, salud, vivienda así como incrementar el ingreso de los productores.

La agricultura en Baja California Sur representa una actividad económica de gran importancia para el estado, contribuyendo con el 5.3 % del PIB estatal en el 2006, junto con la actividad ganadera, silvicultura y pesca. El rendimiento que presentó el albahaca orgánico en 1997 fue de 3.04 t ha⁻¹ mientras que en el 2003 fue de 5.5 t ha⁻¹ y para el 2006 fue de 7.0 t ha⁻¹. Los datos mas recientes muestran una superficie sembrada de 262.75 has con un rendimiento promedio de 6.6 ton ha⁻¹ para 2008. A pesar de las problemáticas sanitarias y económicas, el consumo de estos productos va creciendo y se esta recuperando. Aunado a esta recuperación, esta cadena productiva debe modificar algunos aspectos, entre ellos: mejorar y mantener la sanidad de los cultivos, aprovechar los avances científicos y tecnológicos, hacer énfasis en el tema de la comercialización y certificación entre otros. También se presentan cadenas que por su precio en el mercado representan una alternativa para el estado solo hace falta mejorar los rendimiento actuales por hectárea. Entre estas opciones prometedoras, podemos mencionar algunas hierbas aromáticas como menta o hierbabuena, chives, orégano, tarragón, salvia entre otras.

LITERATURA CITADA

- Barrales, D. J. S. 1998. Perspectiva de la educación agrícola superior en la Universidad Autónoma Chapingo, para el tercer milenio. Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal. 5 al 7 de noviembre de 1998. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica.
- Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A., y Schwentesius, R. R. 1999. Proceso de certificación y perspectivas de mercado de la agricultura orgánica de México. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, 8 al 10 de noviembre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A., y Schwentesius, R. R. 1999a. Desafíos de la agricultura orgánica. Comercialización y certificación. Universidad Autónoma Chapingo. CUESTAAM. Mundi-Prensa. 223p.
- International Trade Center, 1999. Product and Market Development: Organic Food and Beverages. World Supply and Major European Markets. UNCTAD-WTO. Geneva 1999.
- Oregon Tilth Certified Organic, Inc. 2002. 470 Lancaster Dr. N.E. Salem, OR 97301. Edited by Oregon Tilth Inc. USA.
- Quintero, S. R. 1998. El cultivo del aguacate orgánico en México. Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal. 5 al 7 de noviembre de 1998. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Ruiz, F. J. F. 1999a. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruiz, F. J. F. 1998. Normatividad y certificación. Primer Curso: El ABC de la agricultura orgánica. Universidad Autónoma Chapingo. 28-30 de septiembre de 1998.
- Ruiz, F. J. F. 1999. La agricultura orgánica como una biotecnología moderada y ética en la producción de alimentos. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, 8 al 10 de noviembre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Salazar, A. H. C. 1999. La importancia de la creación de un programa nacional de agricultura orgánica. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, 8 al 10 de noviembre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- SAGARPA, 2004. Plan Rector Sistema Producto Orgánicos: Albahaca. Acciones para el fortalecimiento de cadenas productivas en Baja California Sur. La Paz B.C.S. México.
- United States Department of Agriculture. 1999. Organic updates. World Horticultural Trade and U. S. Export Opportunities. Foreign Agricultural Service. Circular Series FHORT 11-99. November 1999.
- <http://www.oeidrus-bcs.gob.mx/>

Capítulo XIX

DETECCION DE *Cryptosporidium Pardum* Y *Giardia Lamblia* EN SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS RESIDUALES

Juan Pedro Flores-Márgez¹, Evangelina Olivas-Enríquez¹, Jaime Iglesias Olivas², Baltazar Corral Díaz, Yendy Nallely Rocha-Guadarrama¹ y Jesús Abraham Gómez-Carbajal¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cuerpo Académico en Consolidación “Sistemas de Producción Agrícola”, juflores@uacj.mx, Tel. 656-688-1800 Ext. 1621, 1622. ²Texas Cooperative Extension El Paso County, Texas A&M University System.

RESUMEN

El impacto de las aguas negras o residuales en la calidad de los suelos agrícolas se refleja en la presencia de contaminantes entre los que destacan los parásitos como *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* causantes de enfermedades gastrointestinales. El estudio se realizó con el objetivo de detectar la presencia de ooquistes de *C. parvum* y quistes de *G. lamblia* en suelos agrícolas de la frontera México-Estados Unidos en las regiones agrícolas de Ciudad Juárez, Chih. y El Paso, TX, como indicadores de contaminación fecal, posibilidad sospechada por el uso de agua residual de tratamiento primario. El suelo colectado fue a una profundidad de 0 a 5 cm, cinco sub-muestras por sitio durante el ciclo primavera-verano 2006 y 2007, se seco a la sombra y se determinó humedad, alcalinidad y salinidad. *C. parvum* y *G. lamblia* se determinaron mediante inmunomagneto-separación e inmunofluorescencia. La caracterización del suelo colectado en la profundidad promedio de 0 a 5 cm presentó un rango de alcalinidad entre 7.1 y 8.3, salinidad entre 0.2 y 2.8 dS m⁻¹ y una humedad de 0 a 37%. El rango detectado fue entre 3 y 9 organismos de *Cryptosporidium* y *Giardia* en 25 g de suelo en los terrenos del Valle de Juárez, mientras que en El Paso, TX varió de 1 a 5. Esta diferencia fue explicada por la menor calidad de sistema de tratamiento de agua negra en Ciudad Juárez. Los parásitos detectados en canales e implementos agrícolas del Valle de Juárez varió entre 22 y 74 quistes u

ooquistes por 25 g de suelo. Estos resultados hacen evidente el riesgo a la salud para los habitantes de las zonas rurales en ambos lados de la frontera, a su vez sugieren la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de agua en Ciudad Juárez e incrementar programas de educación ambiental y orientación de mejores hábitos de saneamiento personal.

Palabras clave: *párasitos, aguas negras, contaminación fecal, alfalfa, nogal.*

SUMMARY

Wastewater impact on agricultural soils quality is reflected by presence of parasites such as *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* which are causing gastrointestinal diseases. The objective of the study was to detect the presence of oocysts and cysts of these parasites in agricultural soils, irrigation canals, and machinery used in the border México-United States of America as indicators for fecal contamination due to wastewater from different treatment systems in the two countries. Soils samples were collected from 0 to 5 cm, five subsamples were collected at each site during the spring and Winter seasons of 2006-2007. *C.parvum* and *G.lamblia* were determined using the method inmunomagnet-separation by immunofluorescence. Soil alkalinity varied from 7.1 to 8.3, soil salinity between 0.2 and 2.8 dS m⁻¹ and moisture from 0 to 37%. Detected range was between 3 and 9 organisms of *Cryptosporidium* and *Giardia* per 25 g soil in Valle de Juárez, while at El Paso, TX numbers varied from 1 and 5. This difference was attributed to the low quality system for wastewater treatment in Ciudad Juárez. Parasites detected in Canals and agricultural machinery varied between 22 and 74 oocysts/cysts per 25 g soil. These results show the evident risk to human health for the people in rural areas of both sides of the border, and it is needed to improve the wastewater system treatments mainly in Ciudad Juarez, also to increase environmental education programs and to promote workshops for improve personal sanitation habits in the region.

Index words: *párasites, wastewater, fecal contamination, alfalfa, pecan.*

INTRODUCCIÓN

Los suelos agrícolas que reciben aguas negras o residuales y abonos orgánicos tienen un riesgo alto por la presencia de patógenos intestinales, lo cual indica la existencia de fuentes de contaminación fecal, procedentes de humanos o de animales. El suelo puede recibir heces en forma directa, mediante el fecalismo al aire libre o bien, mediante el riego con agua contaminada, así como a través del aire y por medio de los implementos agrícolas que transportan fracciones de suelo en las llantas o partes de la maquinaria. De esta manera, los suelos se convierten en un factor de riesgo importante debido a la transmisión de patógenos a la población y cultivos que tengan frutos o follaje comestibles (Dai y Boll, 2003; Di Giovanni *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2000).

La frecuencia mundial de las distintas parasitosis intestinales es alta, en especial en zonas geográficas donde las condiciones ecológicas favorecen la persistencia de los parásitos, además de las características socioeconómicas poblacionales, como la pobreza, la ignorancia y la deficiente infraestructura; factores que comparten los países en vías de desarrollo (Sanchez *et al.*, 2000; Thompson, 2004).

Se considera que existe una relación directa entre enfermedades gastrointestinales y el uso agua negra o residual, las cuales transportan los agentes infecciosos. Las enfermedades relacionadas con las aguas residuales son muy frecuentes, ya que contienen altas cantidades de gérmenes patógenos excretados como son: bacterias, virus, protozoarios y helmintos, la presencia de quistes y huevos de parásitos en aguas residuales sugieren un riesgo ocupacional para los trabajadores expuestos. Los protozoarios patógenos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* han demostrado su infectividad e impacto negativo en la salud de miles de personas tanto en naciones industrializadas como en los países en desarrollo (Cifuentes *et al.*, 2004; Cifuentes *et al.*, 1993; Solarte, *et al.*, 2006).

El Agua como Transmisor de Enfermedades Gastrointestinales

Estadísticas realizadas por el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de México, muestran que dentro de las enfermedades con mayor prevalencia en el país, se encuentran las amebiasis intestinales, giardiasis, enterovirus y otras infecciones intestinales mal definidas debidas a protozoarios (Flores, 2002). En general los virus, bacterias y protozoos enteropatógenos causan principalmente gastroenteritis y 50% de los casos se deben al consumo de agua contaminada por heces tanto humanas como de animales (Solarte *et al.*, 2006).

De acuerdo con la Secretaría de Salud, las enfermedades gastrointestinales ocupan el decimocuarto lugar en fallecimientos a nivel nacional, dentro de los estados con mayor incidencia de esta clase de enfermedades se encuentran: Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla y Distrito Federal (INVDES, 2001). Los patógenos zoonóticos (compartidos por humanos y animales) más comunes son: *Salmonella*, *E. coli*, *Campylobacter*, *Giardia* y *Cryptosporidium* (Di Giovanni *et al.*, 2006; Meinhardt *et al.*, 1996), mismos que han sido encontrados en efluentes de plantas tratadoras, en aguas para uso de riego agrícola y biosólidos (Betancourt y Rose, 2004; Graczyk, 2007; Di Giovanni *et al.*, 2006).

Anteriormente, se pensaba que las enfermedades parasitarias se adquirirían solo mediante la ingesta de alimentos contaminados por heces, sin embargo, actualmente se ha demostrado que el agua para beber, incluso las aguas recreativas, constituyen un excelente vehículo para dichos organismos, pudiendo originar infecciones gastrointestinales o epidemias (De Haro, 2003).

Diversas organizaciones tales como la COFEPRIS (Comisión Federal de Prevención de Riesgos Sanitarios) enmarcan dentro de las fuentes principales de riesgo sanitario la contaminación de las aguas, dichas están relacionadas con un deficiente saneamiento básico y una mala calidad. El ingerir o lavar los alimentos con agua sucia puede provocar desde enfermedades del aparato digestivo, hasta problemas en el sistema nervioso, síndromes respiratorios, entre otras. La COFEPRIS enmarca como la tercera causa de muerte infantil en México a las enfermedades del aparato digestivo derivadas del consumo de agua contaminada (SSA, 2004).

La Norma Oficial Mexicana-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a la que debe someterse el agua para su potabilización”, establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano. Se indica que el límite permisible de organismos coliformes totales no debe ser mayor a 2 unidades formadoras de colonias/100 mL, en tanto que en organismos coliformes fecales debe ser cero o no detectables UCF/100 mL, sin embargo no hace referencia a los parásitos *Cryptosporidium* y *Giardia* (SSA, 1994).

Para determinar la frecuencia de las parasitosis por protozoarios en México se han realizado estudios en poblaciones, indicando como principales agentes a *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica* (Flores, 2002). Estudios realizados en Chiapas, México, indican una gran prevalencia de coliformes fecales en zonas rurales donde carecen de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano lo que las convierte en una gran fuente de transmisión de enfermedades gastrointestinales (Sánchez *et al.*, 2000).

Hoy en día la agricultura se ha convertido en otro factor de contaminación por enteropatógenos, una de las principales fuentes son las excretas del ganado (Barwick, 2003; Kuczynska, 2005). Experimentos realizados en becerros, indican que estos llegan a excretar de 10^9 hasta 10^{10} millones de ooquistes de *Cryptosporidium* durante un periodo de 7 a 10 días, éstos pueden llegar a tener contacto con ríos, arroyos, o cualquier fuente de agua. Otra fuente de contaminación se debe al riego de campos agrícolas con aguas residuales, las cuales al no ser de buena calidad por contener microorganismos patógenos llegan a filtrarse contaminando las aguas subterráneas (Fayer, 2004; Meinhardt *et al.*, 1996).

Serrano (2007), Rocha (2007), Flores (2006) y Di Giovanni *et al.*, (2006) mencionan aspectos relacionados de las actividades agrícolas y aguas residuales de tratamiento primario avanzado utilizadas en el Valle de Juárez, México, que pueden significar un riesgo para la transmisión de enfermedades gastrointestinales. Dentro de las más importantes se encuentra el contacto con las aguas residuales, suelos y asoles de canales y drenes, donde han reportado resultados positivos a *C. parvum* y *G. lamblia* en cantidades significativas.

Los parásitos *C. parvum* y *G. lamblia* provenientes de heces de animales y humanos, han demostrado su infectividad e impacto negativo en la salud de miles de personas tanto en naciones industrializadas como en los países en desarrollo, ya que, presentan una forma resistente a las condiciones ambientales, que les permite la supervivencia a los tratamientos físico-químicos del agua para consumo humano (Solarte *et al.*, 2006).

El tamaño de los ooquistes de *Cryptosporidium* les permite atravesar los filtros utilizados durante el tratamiento del agua, resultando este proceso, ineficaz para su eliminación (Dillingham *et al.*, 2002). Concentraciones altas de desinfectantes como amonio, formaldehído y altos volúmenes de peróxido de hidrógeno son efectivos para su destrucción, sin embargo, dichos desinfectantes no son utilizados en casas, hospitales ni plantas tratadoras. Generalmente este parásito llega a ser destruido por temperaturas altas o por desecación (Meinhardt *et al.*, 1996).

La presencia de enteroparásitos en las redes de distribución de agua representa un alto riesgo para la salud, pues los (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* no son afectados por los niveles de cloro a 1.3 mg L^{-1} . Los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* requieren 8 y 16 mg L^{-1} de cloro disminuyendo así, el 47% la infectividad de ooquistes; con 80 mg L^{-1} y 90 minutos se obtiene disminución en la infectividad. El proceso de ozonización inactiva el 99% de los ooquistes. Sin embargo, es necesario relacionar los datos anteriores con los niveles no-tóxicos para humanos y animales, o la contaminación del ambiente (Solarte *et al.*, 2006).

En relación con la concentración de cloro utilizada para inactivar los ooquistes de *Cryptosporidium*, un estudio realizado en Sonora, México hace mención sobre la resistencia de dichos patógenos ante altas concentraciones de 80 mg L⁻¹ de cloro, también se relacionó la presencia de los ooquistes con diversos parámetros fisicoquímicos como: pH, turbidez, cloro libre y temperatura, siendo este último débilmente asociado con la presencia de ooquistes, mas no se tiene una confirmación de que la temperatura esté relacionada con la presencia de *Cryptosporidium* (Díaz *et al.*, 2003). Por otra parte, Rose, *et al.* (1988) mencionan que no existe relación entre la presencia o ausencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* con los parámetros fisicoquímicos del agua antes mencionados (Díaz *et al.*, 2003).

Los ooquistes de *C. parvum* llegan a tener una gran resistencia, sin embargo un estudio realizado en laboratorio refleja que a temperaturas de 0, 5, 10, 15 y 20 °C inoculados en agua desionizada permanecieron infectivos después de 6 meses, mientras que a temperaturas de 25 y 30°C produjeron infección después de los tres meses de haber sido inoculados en ratones. Datos que reflejan la resistencia de los ooquistes a temperaturas bajas y ambientales, por otra parte, el agua que fue utilizada fue agua desionizada, la cual no contiene sales disueltas, sin embargo el mismo estudio se efectuó en agua al 35% de salinidad a 18°C para verificar la infectividad de los ooquistes, dando positivo a resistencia y sobreviviendo los ooquistes infecciosos por 40 días (Fayer, 2004).

Según una base de datos sobre brotes por *G. lamblia*, la forma de sus quistes los hace menos resistentes a tratamientos químicos, mientras que *C. spp.* debido a su morfología y resistencia antes mencionada es difícil de remover durante los procesos de tratamiento (Egorov *et al.*, 2002). En Inglaterra se desencadenaron varias epidemias asociadas con la contaminación de los tanques de almacenamiento de agua y con el aumento en la concentración de quistes de protozoarios al lavar y reciclar el agua de los filtros rápidos y el retorno de estas aguas a la cabeza de la planta de tratamiento (Solarte *et al.*, 2006). Díaz *et al.* (2003) hacen mención sobre un estudio realizado en Sonora, México, donde a 100 niños se les realizó una prueba para detectar la presencia de *C. parvum*, el 23.2% resultaron positivos ante este parásito.

Cifuentes *et al.* (2004) realizaron un estudio acerca del riesgo por infección de *G. lamblia* en niños que habitaban en un poblado de los alrededores de la Ciudad de México, donde utilizaban agua potable de reúso y pozos artificiales de recarga. Dicho estudio indicó la presencia de quistes de *G. lamblia* como consecuencia de contaminación fecal. Mientras en los Estados Unidos *G.lamblia* es el agente

parasitario más probable, considerado como endémico en una proporción de pacientes del 15 al 20% (Doménech, 2003).

En Ciudad Juárez, Chihuahua, se han desarrollado algunos estudios, como el de Cruz (2005) quien muestreó niños escolares de dos áreas carentes de agua potable, en la periferia y en el Valle de Juárez, demostrando la presencia del parásito *C. parvum* en el 85.7% de los niños estudiados, sin diferencia significativa entre las dos zonas. Igualmente, un estudio en niños efectuado en un área con agua potable entubada, demostró que estaban parasitados con *G. lamblia* el 37.75%, *E. histolytica* el 27.87%, y *Cyclospora sp.* el 35.75% de los niños. En cambio, en un área sin agua potable entubada, los niños parasitados con *E. histolytica* fueron 31.89%, *G. lamblia* el 56.03% y *Cyclospora* el 52.58% (López, 2008).

Algunas investigaciones preliminares se han efectuado en agua potable de Ciudad Juárez, Chihuahua, como el estudio de Blancarte, (2003) quien determinó la presencia de *Cryptosporidium* en muestras de agua sin clorar, en 10 pozos de abastecimiento de Cd. Juárez, elegidos al azar, mediante identificación de ooquistes del parásito por técnicas de inmunofluorescencia. El microorganismo se encontró en 4 de los 10 pozos estudiados, lo que indica contaminación fecal. De Haro, (2003) complementó el estudio anterior de identificación de *Cryptosporidium* en agua sin clorar en otros 10 pozos localizados en la periferia de Ciudad Juárez, demostrando la presencia del parásito en el agua de 5 de los diez pozos estudiados. González, (2005) continuando con el estudio, muestreó en los pozos de agua potable tratada con cloro, encontrando a *Cryptosporidium* y *Giardia* en 7 de 9 pozos de abastecimiento de la red de distribución de Ciudad Juárez, datos que permiten inferir que el agua potable puede jugar un papel preponderante en el patrón de diseminación de estos parásitos.

Estudios de Smith *et al.* (2006) mostraron un mayor número de quistes de *Giardia lamblia* que de ooquistes de *Cryptosporidium ssp.* en agua de consumo humano, datos que pueden variar según la localidad y la abundancia de los reservorios animales. Los estudios epidemiológicos son la mejor fuente de información para la identificación de peligros porque están basados en la población humana, y generalmente vinculan la infección con el agente de la enfermedad, y pueden proporcionar datos representativos de la localidad o región donde se presenta la enfermedad, por sexo, grupos de edad y factores de riesgo (Flores, 2002).

En Latinoamérica se han determinado las diarreas en infantes causadas por *Cryptosporidium*, teniendo varias cifras de prevalencia: en Brasil el 18.7%, Argentina el 3.9%, Costa Rica el 4.3%, Venezuela el 10.8%, Ecuador el 11.2%, Guatemala el 13.8% y 16.7% en Haití (Solarte *et al.*, 2006).

En 1993 se registró en Milwaukee, Estados Unidos de América (E.U.A.), la mayor epidemia de los últimos tiempos, causada por *Cryptosporidium*, y transmitida por agua, la cual afectó alrededor de 403,000 pacientes con diarreas acuosas incluso hasta la muerte (Mac Kenzie *et al.*, 1994). En Atlanta, E.U.A., de acuerdo con el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, se atribuyó a *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* el 71% de las enfermedades gastrointestinales de 1993 y 1994 (Lee y Trevors, 2004).

Durante 1999-2000, se registraron 39 brotes en 25 estados de EUA, asociados con la ingesta de agua contaminada; 18 se relacionaron con el contacto de aguas de tipo recreativo como albercas, baños públicos, entre otros, contaminadas por *Cryptosporidium parvum* (Lee *et al.*, 2002).

En Junio del 2000, 700 personas en Ohio resultaron afectadas por *C. parvum*, mientras que en Nebraska hubo 255 casos (Lee *et al.*, 2002), todos los casos estuvieron relacionados con una mala cloración. En Taiwán (1975), los muestras de heces del 32% de niños residentes de dicha isla dieron positivo a quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum* (Hsu y Yeh, 2003).

En el Valle del Mezquital, México, el cual se riega con aguas residuales y donde el suministro de agua y las condiciones higiénicas son muy deficientes, existe una gran prevalencia de *Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*. Esta última tuvo una mayor prevalencia en la población adulta. (Cifuentes *et al.*, 1994).

Contaminación de suelo con organismos enteropatógenos

El suelo se contamina constantemente con heces humanas o de animales, convirtiéndose en un reservorio de importantes organismos causantes de enfermedades intestinales, principalmente bacterias y parásitos. Los humanos están sujetos al contacto con el suelo, ya sea directa o indirectamente, al ser dispersadas sus partículas por el aire u otros mecanismos y quedar en contacto con los alimentos y el agua que son ingeridos (Piernageli, 2003; Barwick, 2003; Kuczynska, 2005).

El riesgo es mayor en las áreas agrícolas regadas con aguas residuales que son definidas por la Norma Oficial Mexicana-001-ECOL-1996 “Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales” como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales. Industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas; donde la carga de patógenos es en grandes cantidades todo el tiempo, y una constante formación

de aerosoles conteniendo microorganismos, que son diseminados por el viento a grandes distancias. Además, los patógenos en los suelos agrícolas regados con aguas negras son una amenaza continua para los agricultores y los pobladores. Por otro lado, las corrientes de agua de riego o de lluvia fácilmente arrastran los patógenos contenidos en él y los transportan a sitios distantes, contaminando cuerpos de agua superficiales y subterráneos, los que constituyen el principal vehículo de diseminación de los patógenos (Santamaría y Toranzos, 2003).

Aunque algunas enfermedades transmitidas por el suelo se han caracterizado y estudiado a fondo, como en el caso de los parásitos geohelminetos (Beaver, 1964), las enfermedades entéricas y su relación con el suelo han sido poco estudiadas y probablemente subestimadas, sin embargo está comprobada su relación cuando se riega con aguas residuales. (Santamaría y Toranzos, 2003)

Las infecciones gastrointestinales son enfermedades muy comunes en México así como en los países en desarrollo, relacionadas con la pobreza, como consecuencia de la deficiencia de servicios sanitarios y mala higiene (Tay, 2003). En México son comunes las diarreas causadas por enterobacterias, como *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, y cepas patógenas de *Escherichia coli*. Otras infecciones menos estudiadas en nuestro país son las causadas por *Campylobacter jejuni* y *Yersinia sp.* Los virus entéricos también son bastante comunes sobre todo en niños de edad escolar, como los rotavirus y el virus de la Hepatitis-A. Algunos parásitos están ampliamente distribuidos en la República Mexicana, como los geohelminetos *Ascaris lumbricoides*, *Necator americanus*, *Trichiuris trichiura* y *Strongyloides stercoralis* y los protozoarios *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinales* y *Cryptosporidium parvum*. (Tay, 2002).

Debido a las características intrínsecas del suelo, cualquier microorganismo perteneciente a la microbiota de éste termina en la superficie de un ambiente acuático o dispersado eventualmente por el viento. Hay preocupación por un posible aumento en las enfermedades transmitidas por parásitos encontrados en suelo en las poblaciones humanas, debido a las prácticas de utilización de las aguas negras o residuales tratadas y de sus lodos en la agricultura; estas prácticas favorecen la contaminación del suelo con patógenos entéricos en concentraciones considerables (Santamaría y Toranzos, 2003). En países en vías de desarrollo, las aguas residuales domésticas sin tratar son una fuente importante de transmisión de patógenos entéricos al suelo, ya que se utilizan en la irrigación agrícola, factor que significa un alto riesgo para los trabajadores agrícolas y para los consumidores de los productos vegetales irrigados con aguas residuales, sobre todo hortalizas de pequeño tamaño que fácilmente son alcanzadas por el agua de riego y/o los lodos aplicados (Graczyk, 2007). Otras prácticas que favorecen la entrada de cantidades considerables de patógenos entéricos en el ambiente del suelo se

relacionan con la disposición inadecuada de las excretas humanas en áreas rurales, o la fertilización agrícola con estiércol, en el caso de patógenos zoonóticos como *Cryptosporidium* y *Giardia* (Kuczynska, 2005; Atwill, 2006)

Descripción de *Giardia lamblia*

Este parásito es un [protozoo](#) flagelado que parasita el tracto digestivo de humanos, de manera especial en niños, en ambientes de bajo nivel higiénico-sanitario y otros mamíferos, produciendo una patología denominada giardiasis o lambliaosis; descubierto por Anton Van Leeuwenhoek, cuando él mismo revisa su materia fecal, pero descrito por Lambl en 1859, Presenta dos estadios (Figura 1): el trofozoíto es la forma trófica o vegetativa que produce las manifestaciones clínicas, y el quiste es la estructura de resistencia y transmisión (García, 1991). Sinónimos: *Giardia duodenalis*, *Giardia intestinalis*.

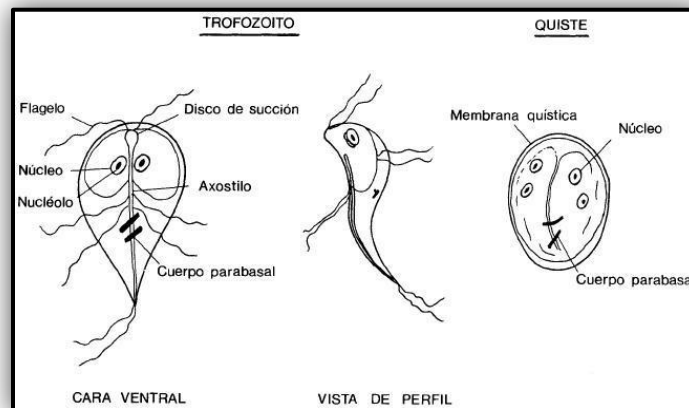


Figura 1. Morfología de *Giardia lamblia* (García, 1991).

El trofozoíto tiene aspecto piriforme, con un polo anterior redondeado y otro posterior afilado; es el único protozoo que presenta simetría bilateral completa. Su tamaño medio es de 12 a 15 μm de longitud, de 5 a 9 μm de ancho y de 1 a 2 μm de espesor (Ponce, 2004). Es aplanado en el aspecto dorsoventral y en la superficie ventral se localiza el disco suctor, la cara posterior es convexa y la anterior, cóncava. En esta última se encuentra el axostilo (engrosamiento protoplásmico que divide el parásito en dos mitades), dos núcleos anteriores con nucléolos muy marcados, el disco de succión, cuatro pares de flagelos y cuerpos basales (cuerpos cromatínicos) (García, 1991). El disco sector es cóncavo, ligeramente asimétrico y compuesto por tubulina y giardinas; tiene una cresta lateral que

junto con el flagelo ventrolateral del cuerpo del trofozoíto favorece la adhesión a las microvellosidades. Los núcleos tienen aparentemente la misma cantidad de DNA, son activos desde el punto de vista de la transcripción y presentan grumos de heterocromatina en contacto con la membrana nuclear. Cada flagelo se origina en un cuerpo basal (Ponce, 2004). El trofozoíto rara vez aparece en las heces, excepto en aquellos casos en que existe una aceleración del tránsito intestinal, pero, al ser extremadamente lábil, se destruye rápidamente en el medio ambiente (García, 1991).

El quiste (Figura 2) tiene forma ovoide, y mide de 8 a 12 μm de longitud y de 7 a 10 μm de ancho. La pared es de 0.3 a 0.5 μm de espesor y se compone de una capa filamentosa externa y otra membranosa interna, la primera cubierta de filamentos de 7 a 10 nm, N-acetilgalactosamina y proteínas de 29, 75, 88 y 102 kDa (Ponce, 2004). Es refringente y con aspecto de balón de fútbol. Posee de dos a cuatro núcleos con sus correspondientes nucléolos y una especie de axonemas que corresponden a los flagelos retraídos. El quiste es la forma habitual del parásito en las heces (García, 1991).

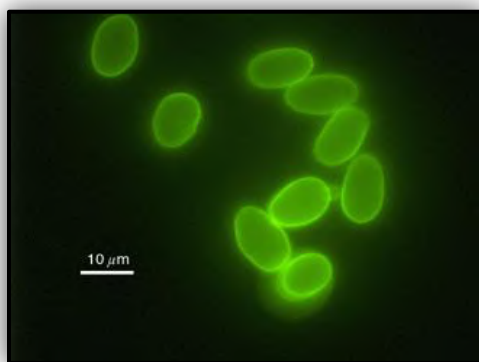


Figura 2. Quiste de *Giardia lamblia* teñido por inmunofluorescencia (U. S. EPA, 2008).

La transmisión es fecal oral, cuando los quistes son ingeridos junto con el agua o alimentos contaminados con heces. También a través de persona a persona por las manos sin lavar. La dosis infectiva alrededor de 100 quistes. (Saredi, 2002). El ciclo biológico de *Giardia lamblia* es muy sencillo al no necesitar huésped intermediario (Figura 3). El mecanismo de infección es el fecalismo; el organismo se transmite por vía hídrica, la ingestión de alimentos contaminados y el contacto directo de persona a persona. La infección se puede adquirir con la ingestión de por lo menos 10 quistes. El desenquistamiento se inicia después que los quistes se degluten, pasan por el pH ácido del estómago y se activan con el pH alcalino del duodeno; el proceso es rápido y los trofozoítos se dividen

asexualmente por fisión binaria longitudinal después de salir del quiste y en ocasiones antes de terminar su salida. Las sales biliares y el colesterol favorecen su crecimiento, lo que promueve la colonización del duodeno y yeyuno (también se han identificado trofozoítos en el íleon); la duración del ciclo celular varía entre seis y 20 horas o más. El enquistamiento se activa cuando hay escasez de colesterol; es probable que la carencia del colesterol en las membranas citoplasmáticas active la expresión de genes codificadores de las proteínas del enquistamiento. Cuando los quistes salen con la materia fecal ya son infectantes (Ponce, 2004).

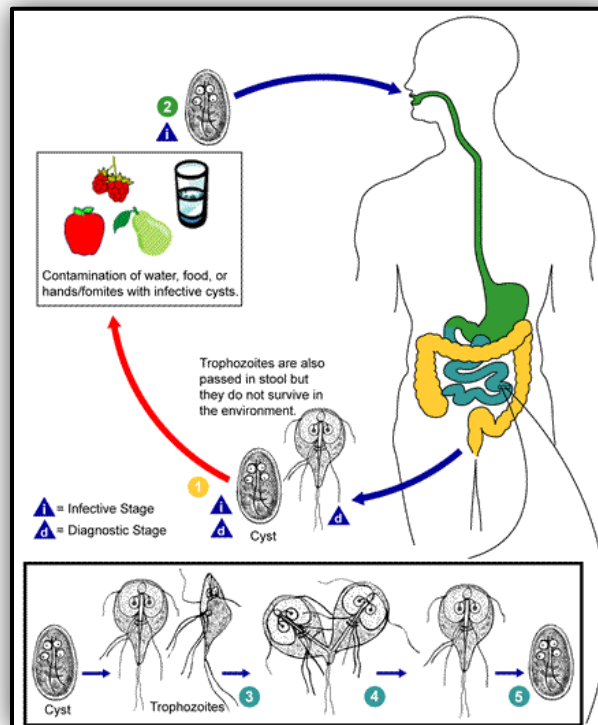


Figura 3. Ciclo biológico de *Giardia lamblia* (CDC, 2009)

Esta parasitosis es de distribución cosmopolita. Su frecuencia varía de acuerdo al nivel educativo de la gente y de las condiciones sanitarias y climatológicas de cada región. De este modo se presenta más en niños que en adultos, y en regiones tropicales que en zonas frías. La infección se adquiere por vía oral mediante la ingesta de alimentos y bebidas contaminadas con quistes de *G. lamblia*. (Tay, 1993). La giardiasis es considerada la infección por parásitos más común que afecta a los humanos en el mundo. (Kucik, 2004). En el intestino, *Giardia* puede adherirse a la pared intestinal mediante la estructura rígida paradiscal, que le permite penetrar un poco la mucosa (Romero, 2007). Este es el mecanismo de daño de la giardiasis ya que al adherirse firmemente a la pared intestinal genera una absorción

deficiente de los nutrientes. Se observa también la secreción de moco como producto de la irritación que produce la presencia de los trofozoítos en la pared del epitelio intestinal. Ese moco se queda también en la superficie teniendo una doble obstrucción y provocando además una reacción inflamatoria (Tay, 1993).

Descripción de *Cryptosporidium parvum*

Es un protozooario parásito intracelular obligado, que pertenece a la familia de los coccidios, es un nuevo agente patógeno humano asociado con enteritis severa y quizá colecistitis en pacientes inmunocomprometidos y diarrea autolimitada en el huésped inmunocompetente. Aunque la prevalencia de la enfermedad en el humano no es conocida, recientes estudio sugieren que es una causa común de diarrea en el mundo, particularmente en gente joven. Los mecanismos patogénicos por los que *Cryptosporidium* causa enteritis y los factores de defensa del huésped humano esenciales para la erradicación de este parasito no han sido perfectamente delineados. (Romero, 2007). Ernest Edward Tyzzer fue el primero en encontrarlo, describirlo claramente y publicar la presencia de un parasito que encontró con frecuencia en las glándulas gástricas de una variedad domestica de ratones comunes, en 1907 describio sus estadios sexuales y asexuales (Fayer, 2008).

La forma diagnostica en materia fecal de *Cryptosporidium parvum* corresponde a la forma de ooquiste (Figura 4), que aparece como una estructura esférica o ligeramente ovoidal que mide de 4 a 6 micras de diámetro. Cuando se observa con microscopia de contraste de fases se ve que posee una doble pared y una estructura interna formada por 4 esporozoitos vermiformes y cuerpos residuales que no son claramente visibles. Pueden observarse varios tipos de ooquistes: ooquistes no esporulados y ooquistes esporulados, en los cuales en muchos casos es posible observar los esporozoitos como líneas transversales claras y el cuerpo residual como una mancha oscura excéntrica cuando están teñidos con Ziehl-Neelsen modificado. (Tay, 1993)

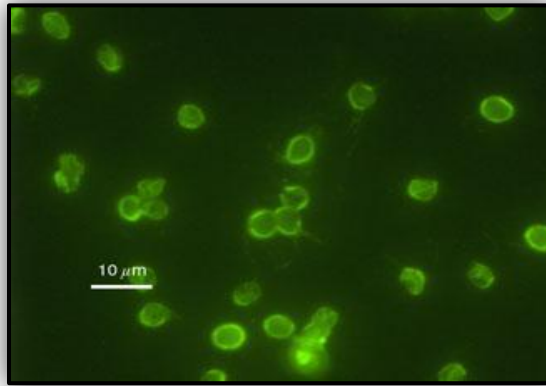


Figura 4. Ooquistes de *Cryptosporidium parvum* (Tinción IFA) (U. S. EPA, 2008).

Cryptosporidium es capaz de infectar a la mayoría de los vertebrados (peces, pájaros, reptiles y mamíferos), por lo que la transmisión es de persona a persona, de animal a persona, o a través del medio ambiente fundamentalmente el agua. En Estados Unidos como en Europa se han producido verdaderas epidemias a través de la contaminación del agua de bebida. Existen portadores sanos que favorecen la diseminación. Hay transmisión persona a persona en familias, en guarderías, en parejas, y también contagio intrahospitalario. El período prepatente es de 7 a 10 días (Saredi, 2002).

La fase infectante de *C. parvum* son los ooquistes maduros que se expulsan en las heces de animales enfermos y están listos para infectar a otros animales, sin que sufran transformación externa alguna (Figura 5). Al ser ingeridos los ooquistes, liberan esporozoítos; posiblemente el desenquistamiento se favorece por la digestión de la pared quística en el conducto gastrointestinal del nuevo huésped. Los esporozoítos liberados infectan células epiteliales del intestino delgado para transformarse en trofozoítos. Los trofozoítos y los demás estadios del parásito se encuentran únicamente en la superficie de varias membranas epiteliales, nunca dentro del citoplasma de estas células o debajo de la capa epitelial. Generalmente el desarrollo ocurre en el epitelio gastrointestinal. Se ha observado que el trofozoíto forma una zona electrodensa en su interfase con la célula huésped y que el citoplasma del trofozoíto es rodeado por cuatro membranas distintas. El origen de esta membrana no se ha establecido, pero las evidencias indican que las dos membranas más externas son originadas por el huésped. Si la membrana la origina el huésped, la localización del trofozoíto es intracelular, pero extracitoplasmática. En la siguiente fase los trofozoítos sufren tres divisiones para formar ocho merozoítos. Esta estructura se llama esquizonte de primera generación. Posteriormente, los ocho merozoítos formados son liberados e infectan otras células epiteliales. En éstas últimas cambian de forma, se redondean y sufren

dos divisiones nucleares para formar el esquizonte de segunda generación, que contiene cuatro merozoítos de segunda generación. Los merozoítos de segunda generación son liberados y vuelven a infectar las células epiteliales; entonces sufren diferenciación sexual, formando los microgametocitos y los macrogametocitos, que dan origen a los gametos. Los segundos presentan pequeñas modificaciones y se convierten en macrogametos, a su vez, los microgametocitos efectúan divisiones nucleares y forman varios microgametos. El número exacto de microgametos no se conoce, pero se considera que pueden ser de doce a 16. Un microgameto se une a un macrogameto para formar el cigoto y este se desarrolla hasta formar un ooquiste para así completar el ciclo de vida. (Romero, 2007).

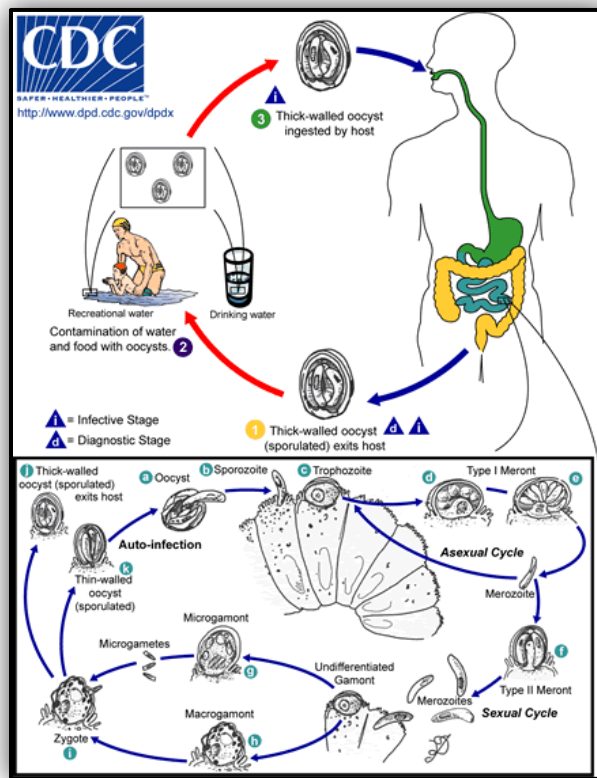


Figura 5. Ciclo biológico de *Cryptosporidium parvum* (CDC, 2009).

La criptosporidiosis es una enfermedad causada por especies de *Cryptosporidium*, protozoo coccidia que parasita el aparato digestivo del hombre y de un gran número de animales, por lo que es considerada una zoonosis (Tay, 1993). La forma infectante es el ooquiste de pared gruesa, muy resistente a la mayor parte de los desinfectantes y que sobrevive bien en el medio externo (García, 1991). Los ooquistes de pared delgada no son excretados en las heces, sin embargo poseen una

capacidad autoinfectiva. Estos factores implican que varias rutas de transmisión sean posibles (Romero, 2004).

Cryptosporidium produce una enfermedad autolimitada en personas inmunocompetentes que contrasta fuertemente con la diarrea severa prolongada en pacientes inmunocomprometidos. El agua, la leche cruda y los alimentos han sido propuestos como fuente de infección (Romero, 2004). La criptosporidiosis es una enfermedad cosmopolita, que se presenta más en verano y meses lluviosos y que incide fundamentalmente en inmunodeprimidos y en niños (García, 1991). La mayor parte de los estudios epidemiológicos indican que *Cryptosporidium* es una causa común de diarrea en todo el mundo, infectando casi al 7% en niños en países desarrollados (Romero, 2007).

El principal mecanismo de transmisión es la vía oral-fecal, ya que los ooquistes son encontrados exclusivamente en las heces. La transmisión también puede ocurrir a través del contacto directo o indirecto con heces contaminadas. El directo puede ser durante el acto sexual, involucrando la práctica oral-anal; y la transmisión indirecta puede ocurrir mediante la exposición del medio ambiente contaminado con materia fecal como agua y alimentos contaminados. La criptosporidiosis puede ser transmitida por diferentes hospederos siendo los más importantes reservorios de la infección para los humanos, principalmente los animales domésticos. En humanos, *C. parvum* se ha encontrado en faringe, esófago, estómago, duodeno, yeyuno, ileón, apéndice, colon y recto, siendo la zona del yeyuno la más afectada. Recientemente el espectro de la criptosporidiosis ha sido agrandado al incluir algunas formaciones diseminadas. Los organismos típicos ya han sido encontrados en la mucosa traqueal en un niño de 12 años con hipogamaglobulinemia (Romero, 2007).

Histológicamente las lesiones intestinales por *Cryptosporidium* son inespecíficas y se caracterizan por atrofia de leve a moderada de las vellosidades intestinales, aumento en el diámetro de las criptas, así como infiltrado de células mononucleares de leve a moderado de la lámina propia, también fueron identificados abscesos en las criptas en forma ocasional.

La biopsia rectal demostró una mucosa eritematosa con pequeñas ulceraciones focales, inflamación de la lámina propia por células inflamatorias agudas y crónicas, y la presencia de un exudado fibroso sobre la superficie, donde hubo células epiteliales cuboides en vez de las células columnales usuales; células de Globet que mostraron mucina diseminada. Los parásitos aparecieron como cuerpos basófilos, esféricos u ovoides, densos, que en su mayor parte estuvieron unidos al borde en cepillo de

las células epiteliales de las criptas. Pocos de ellos se encontraron libres en la luz de las criptas, pero ninguno fue visto dentro del citoplasma de las células.

Los hallazgos patológicos de la criptosporidiosis biliar están basados en casos reportados de la infección en pacientes con SIDA, los organismos se encontraron en la bilis y adheridos al epitelio de los conductos y vesícula biliares, encontrándose a este nivel edema, infiltración linfocítica y destrucción de la mucosa subyacente, así como estenosis del ámpula de Valter. Esta patología no ha sido reportada en humanos inmunológicamente normales con criptosporidiosis (Romero, 2007).

En biopsia pulmonar abierta se encontró neumonitis intersticial y trofozoítos de *Cryptosporidium* en el exudado inflamatorio alveolar teñido.

El contacto inicial entre el organismo y el glicocálix del hospedero es la causa del acortamiento o ausencia de las microvellosidades directamente debajo del parásito. La unión incluye la fusión del parásito envuelto con la membrana plasmática de la célula epitelial. El organismo no destruye a la célula hospedadora. Los cambios morfológicos que ocurren (pérdida a degeneración de las microvellosidades en la zona de unión) se considera que causa una mala digestión, malabsorción y diarrea (Tay, 1993).

La hipótesis del presente estudio fue que como resultado del riego con agua residuales, existe la presencia de (oo)quistes de los parásitos intestinales *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en suelos agrícolas, implementos agrícolas y en asolve de canales de riego de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción de las áreas de estudio

El presente trabajo incluyó dos áreas de estudio: A) Suelos agrícolas del Valle de Juárez y del Valle de El Paso, Texas, y B) Maquinaria agrícola, canales de riego y asolves del canal principal de aguas negras del Valle de Juárez. La región se localiza a 106 ° 22' longitud oeste y 31 ° 42' longitud norte (Figura 6). La altura sobre nivel del mar varía de 1131 metros hasta 1060 metros. El clima de la frontera México–Estados Unidos, es extremoso y seco y se caracteriza por distintas variaciones estacionales. En el invierno los reportes registran temperaturas por debajo de los 0 °C. En primavera y Otoño, la temperatura promedio es de 22 °C aproximadamente, mientras que durante el verano es de

cerca de 40 °C. La precipitación media anual es de 254 mm (Salas Plata, 2005). Tiene un área agrícola de 24,000 ha, de las cuales 19,870 ha son susceptibles de riego. Las fuentes de agua son el agua residual tratada de Ciudad Juárez, agua del Tratado Internacional de 1906 del Río Bravo y aguas de pozos de Bombeo (Flores, 2007).



Figura 6. Localización de los sitios de muestreo.

El muestreo consistió en coleccionar cinco muestras individuales de al menos 1 kg a una profundidad de 0 a 5 cm, con una cuchara desinfectada con alcohol y fuego, así como el uso de guantes estériles (Figura 7, 8 y 9). La muestra se colocó en una bolsa de plástico y se transportó en una hielera al laboratorio donde se conservó a 4 °C hasta su análisis físico-químico y microbiológico. El porcentaje de humedad, pH y conductividad eléctrica del suelo se analizaron mediante los métodos indicados por el Colegio de Postgraduados (2005).



Figura 7. Muestreo de suelo en suelos del Valle de Juárez, Chihuahua.



Figura 8. Muestreo de suelo adherido a implementos agrícolas y en asolve del canal de aguas negras del Valle de Juárez.



Figura 9. Muestreo de suelo adherido a implementos agrícolas.

Los análisis de *C. parvum* y *G. lamblia* consistieron en un muestra de 25 g de suelo que se colocaron en un vaso de precipitados con 100 mL de una solución dispersadora Tris-Tween 80 (50 mM Tris y 0.5% [vol. /vol.] tween 80) por 15 minutos sobre un agitador magnético para separar los (oo)quistes de la

materia orgánica. Se filtro la muestra, con un embudo y matraz buchner con ayuda de una bomba de vacío, se le agrego 100 mL para lavar el resto de suelo que queda en el filtro, la muestra obtenida se coloco en 4 tubos Falcón y en la centrifuga a 3000 rpm por 10 minutos. Los sedimentos obtenidos se combinaron en un solo tubo y se centrifugo a 3000 rpm por 10 minutos. El sedimento se resuspendió en 45 mL de NaCl (solución saturada 300 g por 1 L de agua) se le dio vortex hasta que quedo homogénea la mezcla, se centrifugo a 3000 rpm por 10 minutos. Los parásitos han quedado en el sobrenadante superior por densidad, se tomaron 5 mL de esto y se coloco en un tubo limpio con 45 mL de agua destilada. Se mezclo y se centrifugo a 3000 rpm por 10 minutos. Luego se tomaron 25 mL del sobrenadante superior y se combinaron con 25 mL de agua destilada, se centrifugaron a 3000 rpm por 10 minutos. Después se tomaron 5 mL del sobrenadante superior y se mezclaron con 10 mL de agua destilada se centrifugaron a 3000 rpm por 10 minutos. De esto se tomo 1 mL de sobrenadante superior y se colocaron en un tubo eppendorf y se centrifugaron 35000 rpm por 3 minutos, el sobrenadante se deshecho y se resuspendió el pellet con 200 µl de agua destilada, los (oo)quistes fueron extraídos ya de los 25 g de suelo. Así la muestra quedo lista para la tinción con anticuerpos fluorescentes.

La técnica de inmunofluorescencia consistió en utilizar un juego de reactivos de la marca Mer/fluor[®], conteniendo solución amortiguadora, anticuerpos marcados con fluoresceína específicos contra (oo)quistes de *C. parvum* y *G. lamblia*, reactivo de contraste y para montar la membrana entre portaobjetos y cubreobjetos. Para el desarrollo de la tinción se siguieron las instrucciones del proveedor y se utilizo un equipo de filtración microbiológico, con portafiltro de acero inoxidable, donde se coloco un filtro de membrana de acetato de celulosa con poro de 0.8 µm y de 13 mm de diámetro. La membrana se sumergió en un recipiente que contenía 5 mL de PBS al 1X hasta que quedara completamente embebida (para evitar que se rompiera por el tipo de material) y se coloco en el portafiltro que se ensambló y se apretó cuidadosamente. Se conecto a una bomba de vacío con ayuda de un matraz buchner y se le agrego 1 ml de BSA 1% (Albumina de suero bovino) en porciones de 200 µl, 5 veces drenando cada vez. Después se colocaron 200 µl de la muestra obtenida de (oo)quistes y se le añadieron 200 µl de anticuerpos específicos (reactivo A 100FLR solución de trabajo) sin drenar, tapando enseguida los extremos del porafiltro con papel aluminio y se incubo durante 45 minutos a temperatura ambiente, para desarrollar la reacción antígeno-anticuerpo. A continuación se lavo con 5 mL de PBS 1X (Buffer salino de fosfatos), 1 minuto, con porciones de 200 µl cada vez. Se aplico 1 gota del reactivo de tinción de contraste (Cuaterstain) por 1 minuto y se dreño. Finalmente se enjuago con 3 a 5 mL del PBS. Se separo la membrana del filtro con unas pinzas con cuidado para no romperla y se coloco sobre un portaobjetos excavado y se le agrego una gota del reactivo de montaje, terminando

la preparación con un cubreobjetos. Se observó al microscopio de epifluorescencia. La identificación y conteo de (oo)quistes de *C. parvum* y *G. lamblia* al microscopio de epifluorescencia consistió en que los (oo)quistes de *C. parvum* y *G. lamblia* se observan de color verde al ser observados con luz ultravioleta (Pereira, 1999).

Un procedimiento similar al anterior utilizado en este estudio consistió en procesar las muestras para los análisis de los parásitos *Cryptosporidium* y *Giardia*. La preparación de la muestra de suelo se realizó en base a la técnica descrita por Kuczynska y Shelton (1999) a partir de 25 g de suelo tratados con solución dispersadora a base de Tris-Tween 80 (50 mM Tris y 0.5% [vol. /vol.] Tween 80) por 15 minutos en agitación con magneto, para separar los (oo)quistes de la materia orgánica. Para obtener el concentrado de la muestra, que se utilizara para la separación inmunomagnética se siguió el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 15. Se filtró la muestra con vacío en un matraz Erlenmeyer (Pyrex®) a través de un filtro de papel Whatman # 1 y se le lavó con 100 mL de solución dispersadora. El filtrado obtenido se colocó en 4 tubos de centrifuga cónicos de 50 mL y se centrifugó por 10 minutos a 500 G, se eliminó el sobrenadante y los sedimentos se transfirieron a un tubo de centrifuga cónico de 50 mL resuspendiendo en 30 mL de solución dispersadora y se centrifugó por 20 minutos a 800 G, eliminando sobrenadante. Se guardó el sedimento para realizar posteriormente la separación inmunomagnética.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos mostrados en el presente estudio fueron parte de un proyecto sobre la relación de factores del suelo y agua residual en la incidencia de enfermedades gastrointestinales (Ramírez *et al.*, 2010). El porcentaje de humedad de las muestras de suelo resultó muy variable, lo cual se esperaba debido a las diferentes condiciones de los suelos colectados. La mayor humedad detectada fue en el Canal de Juárez y Reforma con un 37.3% y en el suelo del Canal de Loma Blanca con 26.3%. mientras que las que presentaron una menor humedad fueron las muestras de suelo de asolve del canal de Praxedis G. Guerrero e implementos agrícolas de Colonia Esperanza con 2 y 1.2% de humedad. Este factor físico tiene influencia en la presencia de *C. parvum* y *G. lamblia*, ya que en condiciones secas y calientes estos microorganismos no sobreviven (Barwick *et al.*, 2003).

El pH en todas las muestras de suelo fue ligeramente alcalino, variando entre 7.1 y 8.3, lo cual es típico de los suelos de zonas áridas e irrigados con agua salina. La conductividad eléctrica mostró una variación entre zonas y tipo de muestra, entre 0.2 y 2.8 dS m⁻¹, suelos clasificados bajos en salinidad,

pero conviene aclarar que estas fueron muestras de suelo superficial del estrato 0 a 5 cm, ya que el Valle de Juárez se caracteriza por alta frecuencia de suelos salinos.

Los quistes detectados de *Giardia lamblia* y ooquistes *Cryptosporidium parvum* detectados en suelos agrícolas del Valle de Juárez variaron entre 3 y 9 por 25 g de suelo (Figura 10). La prevalencia de quistes fue mayor que ooquistes en la mayoría de los suelos, solo el sitio MX1 mostró mayor número de *C. parvum*, ya que este suelo fue colectado en el canal que descarga la planta de tratamiento de aguas negras principal de Ciudad Juárez. Los suelos analizados fueron sembrados con algodón, alfalfa, nogal, trigo y sorgo.

La cantidad de quistes y ooquistes detectados en el Valle de El Paso, TX vario de 1 a 5 en 25 g de suelo (Figura 11). Este rango menor al detectado en suelos del lado mexicano se puede atribuir a que las plantas de tratamiento de agua son de nivel biológico, mientras que en Juárez son solo tratamiento primario lo que se refleja en mayor cantidad de microorganismos patógenos, lo cual también fue detectado por Di Giovanni *et al.*, (2006).

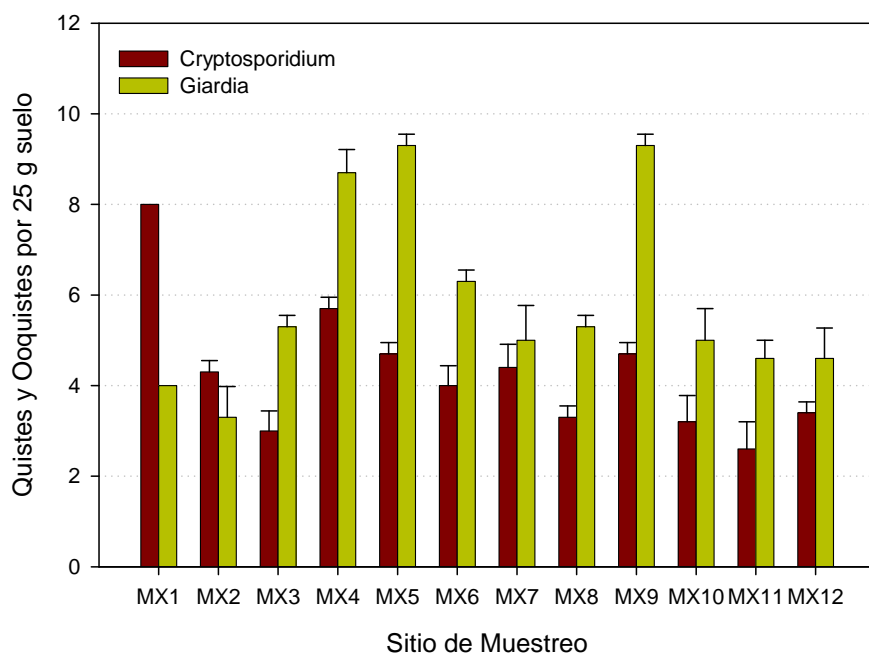


Figura 10. Quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum* detectados en suelos del Valle de Juárez.

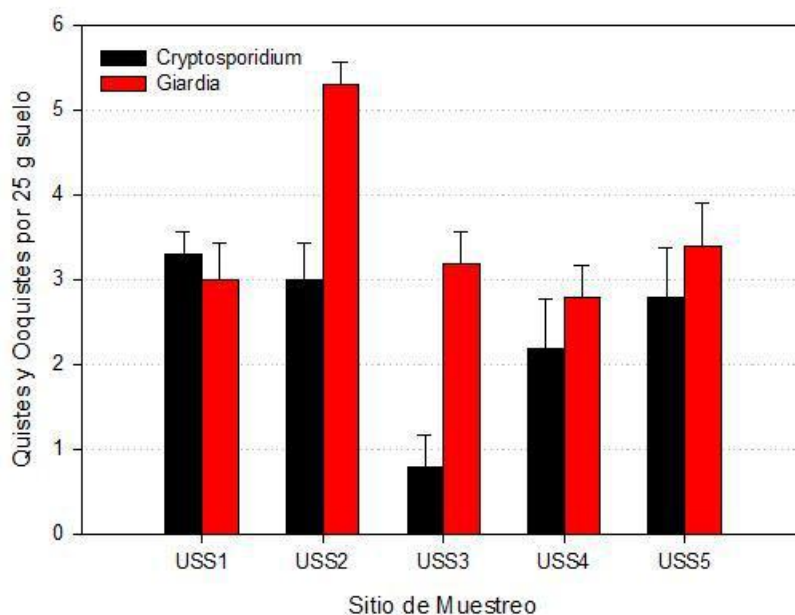


Figura 11. Muestra la cantidad de (oo)quistes presentes en el suelo muestreado en el Valle de El Paso, Texas.

Al realizar el análisis estadístico donde se incluyó ambas regiones, se detectó efecto altamente significativo entre suelos ($p < 0.01$) para el número *C. parvum*, un coeficiente de variación de 30.5% y un promedio general de 3 quistes u ooquistes por 25 g de suelo (Cuadro 1). Esto resulta evidente al tratarse de diferentes suelos por su origen aluvial, así como a la diferente calidad de agua residual utilizada en los riegos a lo largo del año. Así también, se detectó efecto significativo entre suelos para *Giardia lamblia* (Cuadro 2), con un promedio de 5 parásitos por 25 g de suelo y un coeficiente de variación de 22.5%.

El Cuadro 3 muestra que los suelos 12, 13, 14 y 15 (cultivados con cebolla, nogal, chile y sin cultivo en El Paso TX) y lo suelos 2, 8 y 14 (cultivados con alfalfa en el Valle de Juárez) resultaron en promedio con el mayor número de *C. parvum*, el cual varió en promedio de 4 a 6 organismos por 25 g de suelo. En promedio, el mayor número de *G. lamblia* fue de 9 organismos detectado en los suelos 12, 13 y 15 ya mencionados.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el numero de ooquistes de *Cryptosporidium parvum* en suelos agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua y Valle del Paso, Texas 2006-2007.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Sig.
Suelos	15	80.377	5.358	5.67	0.000
Error	46	46.877	1.017		
Total	61	127.2			

Cuadro 2. Análisis de varianza para el numero de quistes de *Giardia lamblia* en suelos agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua y Valle del Paso, Texas 2006-2007.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Sig.
Suelos	15	234.45	5.358	5.67	0.000
Error	46	58.53	1.017		
Total	61	292.9			

Cuadro 3. Promedios quistes y ooquistes de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* en suelos agrícolas.

No. Suelo	<i>C. parvum</i>		No.Suelo	<i>G.lamblia</i>	
12	5.6	a†	13	9.3	a†
13	4.6	a b	15	9.3	a
15	4.6	a b	12	8.7	a
2	4.4	a b c	14	6.3	b
8	4.3	a b c	9	5.3	b c
14	4.0	a b c	10	5.3	b c
6	3.4	b c d	16	5.3	b c
11	3.3	b c d e	2	5.0	b c d
16	3.2	b c d e	4	5.0	b c d
4	3.2	b c d e	3	4.6	c d e
2	3.0	c d e	6	4.6	c d e
10	3.0	c d e	7	3.4	d e f
7	2.8	d e	8	3.3	d e f
3	2.6	d e	5	3.2	e f
1	2.2	d e f	11	3.0	e f
5	.8	e f	1	2.8	f

Promedio con letras iguales no son diferentes estadísticamente ($\alpha= 0.05$) técnica de la diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Promedio de (oo)quistes de *C. parvum* y quistes de *G. lamblia* en suelos agrícolas para cada región.

País	<i>C. parvum</i>	<i>G. lamblia</i>
México	3.83 a †	5.83 a
E U A	2.28 b	3.43 b

† Promedios con letras iguales no son diferentes estadísticamente ($\alpha= 0.05$) técnica e la diferencia mínima significativa.

Resulta notorio que la presencia de los parásitos en asolve de canales de riego y en suelo adherido a los implementos agrícolas fue más frecuente que en la parcela o suelo cultivado como tal (Cuadro 5). Esto puede atribuirse al contacto del suelo muestreado con el agua residual.

Cuadro 5. Número de parásitos en 25 g de suelo detectados en suelos del Valle de Juárez, Chihuahua.

Muestra	<i>G. lamblia</i>	<i>C. parvum</i>
JyRi	0	0
JyRc	25	48
Bi	0	0
Gpec	7	22
PGGi	0	0
PGGc	0	0
CEi	33	74

Abreviaturas: JyR, Juárez y Reforma; B, Barreales; Gpe, Guadalupe D. B.; PGG, Praxedis G. Guerrero; CE, Colonia Esperanza; s, parcela; c, canal; i, implementos.

En la Figura 12 se observa que el número de ooquistes de *Cryptosporidium parvum* fue mayor que el número de quistes de *Giardia lamblia* en las muestras que resultaron positivas.

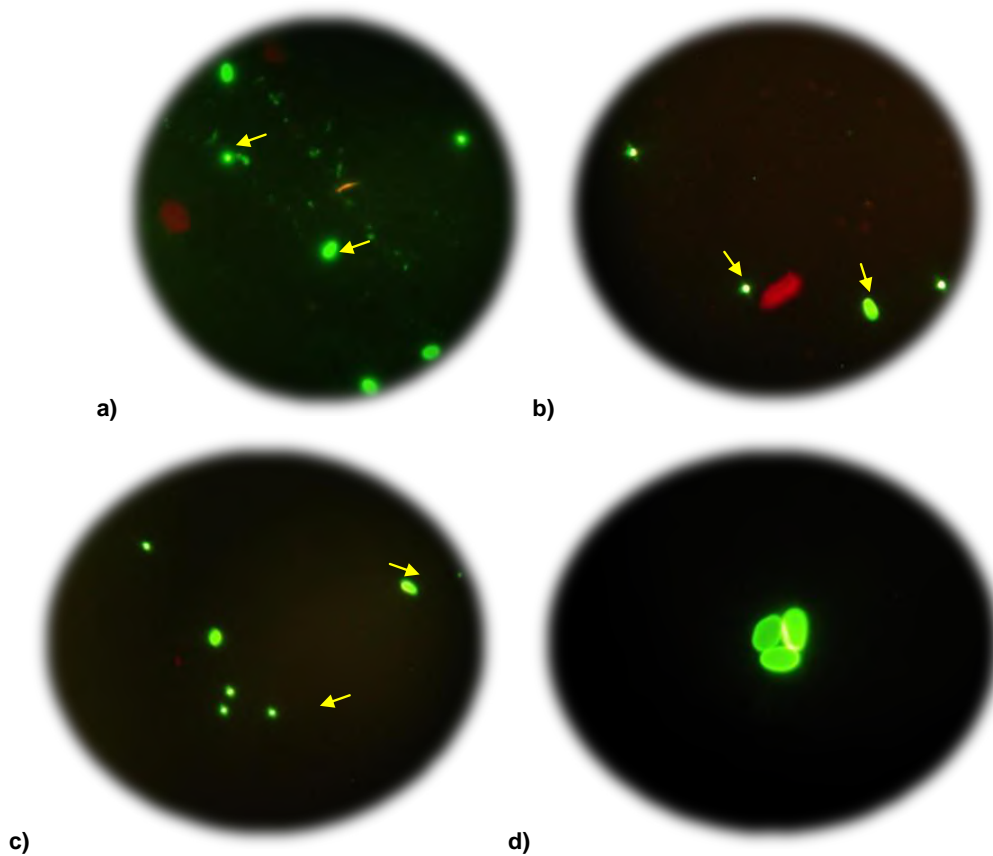


Figura 12. Control positivo para (oo) quistes de *C. parvum* y *G. lamblia*, visualizado con el objetivo de 40X: a), b) y c) (oo) quistes de *C. parvum* y *G. lamblia*; d) quistes de *G. lamblia*.

Los resultados mencionados reflejan el riesgo potencial de transmisión al agua o directamente a la salud humana por la presencia de estos parásitos en suelos. De acuerdo con Di Giovanni *et al.* (2006) los resultados de (oo)quistes encontrados fueron bajos antes y después de la irrigación probablemente por los altos niveles de partículas propias del suelo. Serrano (2007) encontró cantidades significativas de (oo)quistes en aguas residuales provenientes de Ciudad Juárez. Lo que significa que los parásitos encontrados son provenientes de origen fecal en las aguas residuales. Estos micro-organismos solo se detectaron en las muestras de suelo del azolve del canal de Juárez y Reforma y en Guadalupe D. B. así como en las muestras de los implementos agrícolas de Colonia Esperanza, siendo ésta la que presentó

una mayor presencia de ambos parásitos. Esto puede ser atribuido a que la maquinaria agrícola transita por diferentes parcelas y canales que son regados con aguas residuales, aunque la procedencia de dichos parásitos también pueden ser heces humanas y animales.

La cantidad de (oo)quistes mencionados en este estudio resultaron mayores que los reportados por Rocha (2007), quién encontró resultados positivos de presencia de *C. parvum* y *G. lamblia* en 15 suelos de sitios agrícolas del Valle de Juárez y Valle de El Paso, Texas., un rango detectado entre 1 y 10 oo-quistes en 25 g de suelo. Estos microorganismos pueden proceder del agua negra o residual de la región tal como lo indico Serrano (2007) quien reporto un rango de 10 a 2000 de (oo)quistes en 10 L de agua de drenes y canales que circulan por el Valle de Juárez.

La presencia de estos parásitos se ve afectada por la humedad del suelo, presentando una mayor cantidad de (oo)quistes en muestras húmedas (Barwick et al, 2003); tal y como se observó en este estudio, con las muestras del canal de Juárez y Reforma que presentaron 48 ooquistes de *C. parvum* y 25 quistes de *G. lamblia*, aunque en las muestras de los implementos agrícolas de Colonia Esperanza en donde la humedad de las muestras fue muy baja (1.2% de humedad), la presencia de (oo)quistes fue mucho mayor encontrándose 74 ooquistes de *C. parvum* y 33 quistes de *G. lamblia*; y en las muestras del canal de Guadalupe D. B. a pesar de presentar una humedad nula, se observaron 22 ooquistes de *C. parvum* y 7 quistes de *G. lamblia*. Los parásitos *Cryptosporidium* y *Giardia* son indicadores de la contaminación con muchos otros enteropatógenos como bacterias y virus.

De acuerdo con el estudio realizado por Dai y Boll (2003) la presencia de estos parásitos en el suelo, también se ve beneficiada por un pH ácido mientras que en presencia de pH neutros o alcalinos se veía afectada, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde los suelos presentaron un pH ligeramente alcalino y poca cantidad de parásitos, aunque a su vez se observa que a pesar de que el pH no es benéfico, la presencia de estos parásitos es muy elevada, lo cual nos puede llevar a la conclusión de que el pH no es un factor que influya mucho en la presencia de estos microorganismos en el suelo. Así también, Dai y Boll (2003) observaron en su estudio que no se encontró una relación directa de la conductividad eléctrica del suelo con la presencia de *C. parvum* y *G. lamblia*.

Se puede decir que la ausencia de los parásitos en muchas de las muestras se puede deber a factores externos como son en el caso de los implementos agrícolas que se encontraban expuestos directamente al sol, lo cual ocasiona su muerte más rápido debido a la evaporación del agua presente en el suelo adherido a éstos; debido a que la evaporación del agua es mucho más rápida en implementos expuestos

directamente al sol como fue el caso de los implementos de San Isidro y Juárez y Reforma, que la de los implementos que se encontraban resguardados bajo techo, como fue el caso de los implementos de Barreales, Praxedis G. Guerrero y Colonia Esperanza. También un factor importante en este estudio es el tiempo que tenían los implementos sin usarse ya que esto implica que el suelo adherido a los implementos se más seco que aquellos en los que el uso fue más reciente.

Otro factor importante es el periodo del muestreo, ya que en algunos casos se presentaron lluvias antes de realizarse el muestreo, como fue el caso de los muestreos en San Agustín, Guadalupe D. B., el canal de Praxedis G. Guerrero y los implementos de Colonia Esperanza, lo cual altera la presencia de los parásitos, como mencionan Dai y Boll (2003) en su estudio, ya que éstos se desprenden de las partículas de suelo y son arrastrados por el agua, quedando el suelo lavado. Aunque, el agua negra o residual con tratamiento inadecuado, usadas para el riego, al correr permiten el arrastre de los patógenos a otros sitios, así como la filtración de los mismos al subsuelo con potencial para contaminar los mantos acuíferos.

CONCLUSIONES

La caracterización del suelo colectado en la profundidad promedio de 0 a 5 cm presentó un rango de alcalinidad (pH) entre 7.1 y 8.3, salinidad entre 0.2 y 2.8 dS m⁻¹ y una humedad de 0 a 37%. El rango detectado fue entre 3 y 9 organismos de *Cryptosporidium* y *Giardia* en 25 g de suelo en los terrenos del Valle de Juárez, mientras que en El Paso, TX vario de 1 a 5. Esta diferencia fue explicada por la menor calidad de sistema de tratamiento de agua negra en Ciudad Juárez. Los parásitos detectados en canales e implementos agrícolas del Valle de Juárez vario entre 22 y 74 quistes u ooquistes por 25 g de suelo. Estos resultados hacen evidente el riesgo a la salud para los habitantes de las zonas rurales en ambos lados de la frontera, a su vez sugieren la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de agua en Ciudad Juárez e incrementar programas de educación ambiental y orientación de mejores hábitos de saneamiento personal. También estos resultados confirman la prohibición existente por el sector oficial de Salud y Agricultura para el Valle de Juárez relacionado a la siembra de hortalizas y otros cultivos donde las partes comestibles tengan contacto con el suelo.

LITERATURA CITADA

- Atwill, E. R. 2006. Environmental load of *Cryptosporidium parvum* Oocysts from cattle manure in feedlots from the Central and Western United States. *J. Environ. Qual.* 35: 200-206.
- Barwick, R. S. 2003. Factors associated with the likelihood of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in soil from dairy farms. *J. Dairy Sci.* 86: 784-791.
- Beaver, P. C. 1964. Lucha contra los Helminthos Transmitidos por el Suelo. *Cuadernos de Salud Publica* No. 10. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. p. 46.
- Betancourt, W. y J. Rose. 2004. Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Veterinary Parasitology.* 126: 219-234.
- CDC Imagen. (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) Ultima modificación 20 de Julio de 2009. <http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Giardiasis.htm>
- CDC Imagen. (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) Ultima modificación 20 de Julio de 2009. <http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Cryptosporidiosis.htm>.
- Cifuentes, E., L. Suarez, M. Espinoza, L. Juárez y A. Martínez. 2004. Risk of *giardia* intestinalis infection in children from an artificially recharged groundwater area in México city. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 71(1):65-70.
- Cifuentes, E., U. Blumenthal, O. Ruiz P., S. Ventees, N. Quigley, A. Peasey y H. Romero A. 1993. Problema de salud asociados al riego agrícola con agua residual en México. *Salud Pública.* 35 (6): 614-619.
- Cruz, L. 2005. Prevalencia de *Cryptosporidium spp.* en niños escolares de un área carente de agua potable entubada, en Ciudad Juárez. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. 86 p.
- Colegio de Postgraduados. 2005. Manual de procedimientos para el análisis de suelo y planta, Programa de intercomparación. Montecillos, Estado de México, 20 p.
- Dai, X. y J. Boll. 2003. Evaluation of attachment of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* to soil particles. *J. Environ. Qual.* 32. 296-304.
- De Haro, L. 2003. Identificación de *Cryptosporidium* en agua de 10 pozos localizados en la periferia de Ciudad Juárez. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez. 48 p.
- Di Giovanni, G., W. Betancourt, J. Hernández, N. Assadian, J.P. Flores y E. Jaramillo. 2006. Investigation of potential zoonanthroponotic transmission of cryptosporidiosis and giardiasis through agricultural use of reclaimed wastewater. *Int. J. Environ Health Res.* 16 (6): 405-418.
- Díaz, C. M., E. Leyva M., V. Mata H. y H. González R. 2003. Incidencia y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el agua potable de Ciudad Obregón, Sonora, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19(2): 67-72.
- Dillingham, R., A. Lima y R. Guerrant. 2002. Cryptosporidiosis: epidemiology and impact. *Microbes and Infection.* 4:1059-1066.
- Doménech, J. 2003. *Cryptosporidium* y *Giardia*, problemas emergentes en el agua de consumo humano. *Off Arm.* 22 (11): 112-116.
- Egorov, A., J. Paulauskis, L. Petrova, A. Tereschenko, N. Drizhd y T. Ford. 2002. Contamination of water supplies with *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* and diarrheal illness in selected Russian cities. *Int. J. Hyg. Environ Health.* 205: 281-289.

- Fayer, R. 2004. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Veterinary Parasitology*. 126:37-56.
- Fayer, R. General Biology. 2008. *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis*. Editores: Fayer, R; Xiao, L. CRC Press. Boca Raton, FL. p. 1-42.
- Flores, M.J.P. 2006. Aguas residuales utilizadas en la producción agropecuaria en el Valle de Juárez, Chihuahua. pp. 55-67, En: Nuevos estudios sobre agua y medio ambiente en Ciudad Juárez, Volumen III, compilador Jorge A. Salas Plata. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Flores, J. L. 2002. Modelo de evaluación de riesgos sanitarios derivados del consumo de agua y Alimentos. *Food, Nutrition and Agriculture, FAO*. 31: 42-51.
- García, R. J. A. 1991. Toxoplasma, Pneumocystis, Isospora, Sarcocystis y Cryptosporidium En: *Microbiología y Parasitología Médica*. 2ª Edición Pumarola. p. 819-856.
- González, E. 2005. Detección de *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en pozos de agua potable de Ciudad Juárez. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez. 25 pp.
- Graczyk, T.K. 2007. Occurrence of *Cryptosporidium* y *Giardia* in sewage sludge and solid waste landfill leachate and quantitative comparative analysis of sanitation treatments on pathogen inactivation. <http://www.sciencedirect.com/science>, accesado 1 Octubre 2009. 106:27-33.
- Hsu, Bing-Mu y Yeh, Hsuan-Hsien. 2003. Removal of *Giardia and Cryptosporidium* in drinking water treatment: a pilot-scale study. *Water Res.* 37: 1111-1117.
- INVDES (Investigación y Desarrollo: Periodismo de Ciencia y Tecnología). Las molestas enfermedades gastrointestinales. 2001. En: CienSalud. [En línea]. Edición Noviembre. México, D.F. Accesado el 22 de Febrero de 2008. Obtenido de: <http://www.invdes.siw.com.mx/activacioncathistorial.asp>.
- Kucik, C., G. Martin, G. y B. Sortor. 2004 Common Intestinal Parasites. *American Family Physician*. 69 (5): 1161-1169.
- Jiménez, H. 2006. Identificación de parásitos en una población escolar de un área urbana y una carente de agua entubada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez. 39 p.
- Kuczynska, E. 2005. Effect of bovine manure on *Cryptosporidium parvum* Oocyst attachment to soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 71 (10): 6394-6397.
- Kuczynska, E. y D. R. Shelton. 1999. Method for detection and enumeration of *Cryptosporidium parvum* Oocysts in feces, manures, and soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 65 (7): 2820-2826.
- Lee, S. L. D., G. Craun, M. Beach y R. Calderón. 2002. Surveillance for waterborne-disease outbreaks- United States, 1999-2000. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 51 (SS08): 1-28.
- Lee, C.H. y J.T. Trevors. 2004. Biology, persistence and detection of *Cryptosporidium parvum* and *Cryptosporidium hominis* oocyst. *Water Res.* 38: 818-862.
- López, J. 2008. Identificación de parásitos protozoarios gastrointestinales en una población escolar con agua potable y en otra carente de este servicio. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez. 48 p.
- Mac Kenzie, W., Hoxie, N., Proctor, M. Gradus, M., Balir, K., Peterson, D., Kazmierczak, J., Addis, K., Fox, K., Rose, J. y Davis, J. 1994. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med*. 331 (3): 161-167.
- Meinhardt, P., Casemore, D. y Miller, K. 1996. Epidemiologic aspects of human cryptosporidiosis and the role of waterborne transmission. *Epidemiol Rev.* 18 (2): 118-136.

- Pereira, C. 1999. Comparison of Sensitivity of Immunofluorescent Microscopy to that of a Combination of Immunofluorescent Microscopy and Immunomagnetic Separation for Detection of *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Adult Bovine Feces. *Appl. Environ. Microbiol.* 65 (7): 3236–3239.
- Pierangeli, N. B. 2003 Estacionalidad de parásitos intestinales en suelos periurbanos de la ciudad de Neuquén, Patagonia, Argentina. *Tropical Medicine and International Health.* 8 (3): 259-263.
- Ponce, M. M. 2004. Giardosis. p. 49-57. En: *Parasitología Médica de las moléculas a la enfermedad.* Becerril-Flores M. C.; Romero-Cabello, R. McGraw-Hill Interamericana Editores. México D. F.
- Ramírez, L.A., J.P. Flores M., E. Olivas E., y B. Corral D., 2010. Gastrointestinal diseases and causal effects in the Valle de Juárez, Chihuahua, Mexico. UACJ, COCEF, U.S. Environmental Protection Agency. Informe final de proyecto. 102 p.
- Rocha, G.Y.N. 2007. *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en el suelo agrícola del Valle de Juárez y Valle de El Paso, Texas. Tesis de licenciatura en Biología, UACJ, ICB, 43 p.
- Romero, C. R. 2007. *Microbiología y Parasitología Humana.* 3ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Mexico. 1723 p.
- Sánchez, P. H., Vargas-Morales, M. y Méndez-Sánchez, J. 2000. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública de México.* 42 (5): 397-406.
- Santamaría, J. y G.A. Toranzos. 2003. *Enteric pathogens and soild: a short review, Int Microbiol.* 6 (1):5-9.
- Saredi, N. G. 2002. *Manual Práctico de Parasitología Médica.* 1ª Edición. Laboratorios Andrómaco. Buenos Aires. 112 p.
- Serrano, M. 2007. Determinación de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* en agua de drenes y canales que desembocan en el Río Bravo, Cd. Juárez-El Paso. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez. 2007. 59p.
- Smith, H., Cacció, S., Tait, A., McLaughlin, J. y Thompson, A. 2006. Tools for investigating the environmental transmission of *Cryptosporidium* and *Giardia* infections in humans. *Trends Parasitol.* 22 (4): 160-167.
- Solarte, Y., Peña, M. y Madera, C. 2006. Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. En: Colombia Médica. [En línea]. 37 (1): 74-82. Accesado el 1 de Abril de 2008. Obtenido de: <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol37No1/Cm37n1%20html/PDF/Cm37n1a10.pdf>
- SSA (Secretaría de Salud). Norma Oficial Mexicana-127-SSA1-1994. “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a la que debe someterse el agua para su potabilización”. México, D.F. La Secretaría. Accesado el 18 de Enero de 2008. Obtenido de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- SSA (Secretaría de Salud del Estado de Colima). Ámbitos de competencia de la COFEPRIS. [En línea]. Colima. Comisión Federal de Prevención de Riesgos Sanitarios. 2004. Accesado el: 4 de Marzo de 2008. <http://www.salud.col.gob.mx/servicios/regulacion/ambitos.pdf>.
- Tay, Z. J. 2002. Helmintiasis y cisticercosis. En Revista de la Facultad de Medicina [En línea] (003): 1-12. Accesado el 01 de octubre de 2009. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no45-3/RFM45306.pdf>
- Tay, Z. J. 2003. Las Enfermedades Parasitarias Intestinales, Las Más Frecuentes En México. Boletín UNAM-DGCS-573 [En línea]: Banco de Boletines UNAM, 2003. Accesado el 01 de octubre de 2009. Obtenido de http://web.archive.org/web/20030912072324/www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2003_573.html
- Thompson, A. 2004. The Pathogenic Enteric Protozoo: *Giardia*, *Entamoeba*, *Cryptosporidium* and *Cyclospora*; Vol. 8; Kluwer Academia Publishers. 169 p.

US-EPA (United States Environmental Protection Agency). 2008. ¿Cuales son los contaminantes que se pudiesen encontrar en el agua potable? [En línea]. La Organización. Accesado el 22 de Febrero de 2008. Obtenido de: <http://www.epa.gov/safewater/index.html>.

US-EPA (U. S. Environmental Protection Agency). Microbiology. [En línea]: EPA, 2008. Accesado el 25 de abril de 2008. Obtenido de http://www.epa.gov/nerlcwww/cpt_seq1.htm.

US-EPA (U. S. Environmental Protection Agency). Microbiology. [En línea]: EPA, 2008. Accesado el 25 de abril de 2008. Obtenido de http://www.epa.gov/microbes/gda_seq1.htm.

Capítulo XX

DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO (*ZEAMAYS L.*) BAJO CONDICIONES DE NITROGENO RESIDUAL EN LA LAGUNA

Development and production of forage maize (*zeamays L.*) under nitrogen conditions have of residual in the lagoon

Miguel Ángel Urbina-Martínez, José Luis García-Hernández, Enrique Salazar-Sosa, José Dimas López-Martínez, Ignacio Orona-Castillo, Bernardo Murillo-Amador.
Ingurbina77@hotmail.com

RESUMEN

La escasez de agua en la comarca lagunera, provocada por periodos de sequía muy prolongas en las últimas décadas y aunado a la sobreexplotación de los mantos acuíferos hace necesario buscar alternativas para aumentar la eficiencia del uso de agua, para así poder llegar a una agricultura sustentable en la región. El presente trabajo de investigación pretende contribuir a ampliar los conocimientos en determinar el nitrógeno residual acumulado en el predio en donde se trabajo, utilizando en su aplicación estiércol de bovino dado que en la región está considerada como una de las cuencas lecheras más importante del país, mediante un método de riego por inundación.

El cultivo que se utilizo fue el maíz San Lorenzo (*Zeamays L.*) el diseño experimental que se utilizo fue un bloque al azar con arreglo en franjas con tres repeticiones, cada unidad experimental consto de 6m de ancho por 8m de largo, siendo un area de 48m² por unidad experimental, con distancia entre surcos de 0.40m y 0.76m de separación.

El Clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos.

La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 como media máxima y 16.1 como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm.

La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril; mientras que la presencia de granizadas se da entre mayo y junio.

El estiércol utilizado fue estrictamente de bovino y con características principalmente húmedo. Mismo que fue aplicado una sola vez al inicio del ciclo agrícola.

La siembra se realizó con tractor y sembradora adaptada para sembrar a distancia de 0.76 m entre surco y surco, el día 27 de abril del 2006, la cual se llevó a cabo a tierra venida.

Los resultados y discusión de cada variable medida, tanto de suelo como de planta se presentan desglosados por cada año de trabajo en el sitio experimental, los años estudiados fueron 2005 y 2006 respectivamente.

La aplicación del estiércol se realizó durante ocho años consecutivos a una profundidad de 20 cm una cama de siembra con el estiércol incorporado, para poder realizar las mediciones correspondientes.

Palabras clave: *estiercol bovino, maíz, forraje*

SUMMARY

The scarcity of water in the Laguna region, caused by very long periods of drought in recent decades and combined to over-exploitation of groundwater is necessary to find alternatives to increase water use efficiency, in order to reach a sustainable agriculture in the region. This research work aims to contribute to enhancing knowledge in determining the residual nitrogen accumulated in the premises where work, using cattle manure application in the region since it is considered one of the most important dairy areas of the country, by a method of flood irrigation. The crop used was San Lorenzo maize (*Zea mays* L.) experimental design used was a randomized block arrangement in slots with three replications, each experimental unit consists of 6m wide and 8m long, with a area of 48 m² per experimental unit, with row spacing of 0.76m 0.40my apart.

The climate is warm dry desert or steppe with rains in summer and cool winters.

The rainfall is 258 mm and average annual temperature is 22.1 ° C, with ranges of 38.5 and 16.1 on average maximum and minimum average. The average annual evaporation is approximately 2.396 mm.

The presence of frost occurs from November to March and rarely in October and April, while the presence of hail is between May and June.

The manure used was strictly features mainly cattle and humid. Same as was applied once at the beginning of the agricultural cycle.

Sowing was done with a tractor and planter suitable for planting distance of 0.76 m between row and furrow, on April 27, 2006, which took place coming ashore.

Results and discussion of each variable measured both soil and plant are broken down for each year of work at the experimental site, the study years were 2005 and 2006 respectively.

Manure application was made for eight consecutive years at a depth of 20 cm a seed bed with manure incorporated to perform individual measurements.

Key words: *bovine manure, corn, forage*

INTRODUCCIÓN

En un país predominantemente agrícola, como lo es México, nadie puede dudar de la importancia que tiene el conocimiento de los suelos agrícolas de las diferentes regiones, razón por la cual su estudio debe de vincularse al análisis de los recursos climáticos e hidrológicos; así como a la relación que tienen estos suelos con las distintas asociaciones vegetales nativas de cada región. Donde por lo general esos suelos contienen Nitrógeno, Fósforo y Potasio, pero en cantidades no suficientes y no más del 2% de humus, por lo que requieren de la aplicación de fertilizantes (Bassols, 1982).

El estiércol, residuos de cosecha, microorganismos y animales muertos en descomposición son importantes fuentes de nitrógeno que regresan al suelo, donde si bien la mayor parte de este nitrógeno es insoluble y no está disponible en ese momento para que pueda ser utilizado por las plantas, casi todos los suelos contienen pequeñas cantidades de diversos aminoácidos, producidos principalmente por la descomposición microbiana de materia orgánica.

Aún cuando tales aminoácidos pueden ser absorbidos y metabolizados por las plantas, estos y otros compuestos nitrogenados más complejos contribuyen en cierta medida de una forma directa a las necesidades de nitrógeno de las plantas. Mismos que tienen gran importancia como reservas de nitrógeno, debido a que pueden aportar NH_4^+ y NO_3^- hasta en un 90 % del nitrógeno total en los suelos a través de la materia orgánica, existiendo inclusive algunos casos en que se encuentran cantidades significativas de NH_4^+ en coloides de arcillas (Salisbury *et al.* 1994).

A nivel nacional el maíz es uno de los cultivos más importantes ya que ocupa la mayor parte del área cultivable de las zonas de riego y de temporal. Además tiene una gran importancia en el mercado, pues es un forraje de uso cotidiano en la dieta alimenticia del ganado productor de leche, incrementándose cada vez más su consumo.

La Región Lagunera, es una de las principales cuencas lecheras del país por su aportación de leche a la producción nacional, la cual se ha ido incrementando debido a un aumento en la población de ganado

lechero, con 500,000 cabezas de ganado bovino con una producción de leche que rebasa los dos millones de litros diarios (SAGARPA, 2002).

Así como a un notable incremento en la producción por lactancia por vaca en los últimos diez años. Este aumento en el nivel productivo de los animales también incrementa el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales. Lo anterior ha impactado en la demanda de forrajes, así como de otras fuentes alternativas de alimentos; sin embargo, debido a que los forrajes en México, constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes para la alimentación de los rumiantes, el cual aun cuando su contenido de proteínas y minerales es bajo, es compensado por su alto contenido de fibras, por lo que su producción es una actividad muy importante. En esta Región, los forrajes que en mayor superficie se cultivan, son: Alfalfa, maíz, sorgo, avena, cebada y zacate ballico, siendo el cultivo de maíz forrajero bajo riego el que ocupa un lugar de suma importancia en este patrón de cultivos, esto por el alto rendimiento energético que aporta a las raciones para ganado bovino lechero. Actualmente la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco, con una densidad de siembra que oscila entre los 70 a 80 mil plantas por hectárea, considerándose como un potencial de productividad elevado debido a la alta disponibilidad de radiación solar durante el período libre de heladas. (INIFAP, 1999).

En las explotaciones ganaderas, el ensilaje de maíz es un componente básico en la ración alimenticia para el ganado bovino productor de leche, esto debido a que es de bajo costo económico y alto contenido energético, además de que este forraje ensilado puede proporcionar de un 55 a un 65 % de materia seca y hasta un 75 % de fibras neutro y ácido; así como de un 45 a 60 % de proteína cruda (Hutjens, 1997).

Los maíces y sorgos producidos en la Comarca Lagunera como fuente de forraje, son de suma importancia, ya que de ambos se siembran entre 22,000 y 26,000 ha por año en los ciclos de primavera - verano. Donde la producción estimada de forraje varía entre 448,000 a 564,000 ton⁻¹ de forraje seco, misma cantidad que representa aproximadamente del 35 al 40 % del forraje que consume el ganado bovino en esta región. Siendo estos forrajes considerados como los principales cultivos para ensilar en dicho ciclo, aun cuando a los ensilajes se les ha considerado como forraje de relleno, en virtud de que no se ha tomado en cuenta la calidad de este forraje, existiendo en la actualidad productores que no toman en cuenta el aspecto nutricional del híbrido que siembran para llenar sus silos.

Borton (1997) menciona que es posible sostener una buena producción de leche combinando alfalfa y ensilado de maíz como fuente de forraje en raciones balanceadas.

Un informe importante de la producción de forraje en la Comarca Lagunera, lo reportan Núñez et al. (1998), en el que recomiendan que es indispensable que se conozca el suelo que sostendrá a las plantas y saber su análisis físico, su contenido de nutrientes, su conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Donde estos factores están relacionados con la capacidad del suelo para proveer a las plantas las condiciones que requieran para obtener los nutrientes que necesitan para crecer y producir la cantidad y calidad de forraje que se espera.

Como cualquier otro cultivo, el maíz requiere de una cantidad suficiente de nutrientes adecuados para satisfacer sus necesidades. Misma cantidad que es absorbida del suelo, la cual varía en tiempo y por fertilidad natural del mismo. Los principales nutrientes que demanda este cultivo forrajero se presentan con regularidad deficientes en el suelo, mismos que pueden ser aportados aplicando diferentes fertilizantes ya sea, químicos, estiércoles y residuos de cosecha.

Es importante mencionar que el uso de los fertilizantes químicos es limitado por el costo de producción que representa para el cultivo y al cuidado del ambiente.

Los sitios de desechos animales tienen un gran potencial de peligro en lo que se refiere a contaminación por $N-NO_3$ debido a las altas cantidades de nitrógeno aplicado sin control. A tal grado que una dosis de 100 Mgr ha^{-1} de estiércol cuyo contenido de N es del 1.5 %, representa $1,500 \text{ kg de N total}$, donde el proceso de mineralización equivalente al 30 % en un año, aportaría $450 \text{ kg de N disponibles}$. Ahora si la planta requiere $100 \text{ kg de N-N O}_3$, quedarían en el suelo $350 \text{ kg de N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ potencialmente lixiviables, por otro lado se da un proceso de desnitrificación, el cual en estos sitios es muy elevado, esto debido a la alta disponibilidad de carbón orgánico y a la facilidad para lograr las condiciones anaeróbicas.

Mismas condiciones que permiten que se abata de una manera muy considerable el potencial de lixiviación de esos $N-NO_3$ (Castellanos et al 1990).

Por lo anterior si se dispone de algún desecho orgánico e inorgánico, es necesario el buscar la manera mas adecuada de aprovecharlo, dosificándolo e incorporándolo al suelo para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo para su mejor desarrollo y un más alto nivel de productividad, cuidando siempre el no contaminar el ambiente.

Es evidente que entre los fertilizantes que mayormente son utilizados a nivel mundial son los nitrogenados, los cuales han jugado un papel de suma importancia en el incremento en rendimiento de los cultivos, pues en el período comprendido de 1938 –76, el consumo de nitrógeno se ha incrementado

15 veces. Se estima que durante el año de 1987 el consumo mundial de nitrógeno ascendió a 78 millones de toneladas.

Debido a este fuerte impacto de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo, los agricultores de áreas tecnificadas suelen aplicar grandes cantidades de nitrógeno sin darse cuenta que un alto porcentaje de éste puede estar ocasionando pérdidas por lixiviación, desnitrificación o volatilización, a tal grado que tales pérdidas repercuten negativamente sobre la economía del propio productor y aún peor sobre la calidad del medio ambiente (FAO/FIAC, 1982).

Aun cuando existen grandes cantidades de N orgánico en los suelos, solo una pequeña parte de este se encuentra disponible para los microorganismos.

Dicha fracción es conocida como nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable, el cual constituye cuando mucho el 10 % del N orgánico total del suelo. Así mismo la fracción de este nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable de residuos orgánicos relativamente nuevos, tales como estiércoles y residuos de cultivo varía de un 30 a 90 % (Bouldin et al., 1984; Castellanos y Pratt, 1981; Pratt et al., 1976).

Por su parte Tisdale y Nelson (1982) consideran que los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones de acidez de los sustratos, sino que aportan una cantidad importante de nutrimentos y una reducción en los costos de producción.

MATERIALES Y METODOS

Localización Geográfica del Sitio Experimental.

La Región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada en los meridianos 102°22' y 104°47' longitud Oeste, y los paralelos 24°22' y 26°23' latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las urbanas.

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, el cual se encuentra ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo.

Características Ecológicas del sitio.

Clima.

Según la clasificación de Koeppen modificado por García (1981): Clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la

temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 como media máxima y 16.1 como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm.

La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril; mientras que la presencia de granizadas se da entre mayo y junio.

Características del Suelo.

Los suelos en base a los análisis realizados en las áreas experimentales de la Facultad de Agricultura y Zootecnia varían en su formación, encontrándose los siguientes (Cuadro 1):

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo 2005.

Profundidad	PH	CE dSm ⁻¹	MO %	NO ₃ mgkg ⁻¹	P mgkg ⁻¹	K mgkg ⁻¹	N-NH ₄	Na mgkg ⁻¹
0-15	8.41	1.36	1.93	14	7.5	1360.0	9.8	12.9
15-30	8.25	1.33	1.58	7	6.5	8925	12.95	11.5
30-60	8.20	1.20	1.24	3	11.00	5725	1366	12.3
60-90	8.24	3.16	0.89	4	35	410.0	14.35	11.9
90-120	8.14	3.93	0.27	2	35	2025	12.95	14.8

Análisis Realizados en la FAZ-UJED.

El presente estudio se realizó en suelos con características determinadas en los laboratorios de la FAZ-UJED. Debido a que los suelos varían ampliamente en cuanto a sus características físicas y químicas, los factores a estudiar son los siguientes.

Características del Estiércol

Para este estudio las características físicas y químicas del estiércol, fueron las que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características del estiércol del establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. FAZ-UJED.

MUESTRA No.	Ca %	Mg %	Na %	K %	P %	pH	CE mmhos	M.O. %	NT %	NH ₄ %
1 ^a	1.75	0.3	0.42	1.15	1.31	7.79	0.68	5.35	0.56	0.084
2 ^a	1.78	0.34	0.38	1.25	1.64	7.62	0.63	5.47	1.12	0.112
3 ^a	2.64	0.27	0.36	1.20	1.39	8.19	0.66	5.35	0.84	0.112

Espacio de Exploración.

Los factores en estudio fueron cultivo y estiércol, tal y como se muestra a continuación:

Factor A: Cultivo

Tipo de cultivo: A1 = Maíz, A2 = Maíz – trébol

Factor B: Estiércol de bovino.

Niveles: B1 = 0 Toneladas de estiércol de bovino

B2 = 40 Toneladas de estiércol de bovino

B3 = 80 Toneladas de estiércol de bovino

B4 = 120 Toneladas de estiércol de bovino.

B5 = 160 Toneladas de estiércol de bovino.

B6 = Recomendado (Fertilizante Químico) 100 - 150 – 00.

Diseño Experimental.

La distribución de los tratamientos en campo, se realizó bajo un diseño de bloques al azar y un arreglo en franjas con tres repeticiones. Martínez (1996).

Prácticas Culturales.

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, esto con la finalidad de aflojar la tierra, oxigenarla y exponerla al sol, posteriormente se llevó a cabo el rastreo y cruza de rastra rompiendo los terrones grandes hasta dejar el suelo suave. Después se niveló el terreno y se remarcaron las diferentes parcelas distribuyendo los tratamientos en base al croquis del diseño experimental, para posteriormente estar en condiciones de incorporar el estiércol se bordeó y se formaron los surcos, distribuyéndolos en las diferentes parcelas en cada tratamiento.

Aplicación de Estiércol.

La aplicación del estiércol se realizó durante ocho años consecutivos a una profundidad de 20 cm una cama de siembra con el estiércol incorporado, para poder realizar las mediciones correspondientes.

El estiércol utilizado fue estrictamente de bovino y con características principalmente húmedo. Mismo que fue aplicado una sola vez al inicio del ciclo agrícola.

La siembra se realizó con tractor y sembradora adaptada para sembrar a distancia de 0.76 m entre surco y surco, el día 27 de abril del 2006, la cual se llevó a cabo a tierra venida.

Algunas de las estructuras orgánicas con diferentes grados de biodegradación del estiércol son: la lignina, la celulosa, hemicelulosa, almidón, chitina, etc.

Las cuales por la acción de la actividad enzimática, son biodegradadas de grandes polímeros a simples monómeros, liberándose también iones, ambos subproductos llegan a ser aprovechados por las plantas como por los propios microorganismos.

Dada la complejidad y heterogeneidad del suelo, principalmente en cuanto a sus horizontes, características físicas y químicas, el grado de biodegradación del suelo es variable también. Por lo que buscar las dosis mas adecuadas de cualquier producto orgánico que se aplique al suelo a nivel región o a nivel país es determinante en la producción agrícola, protección y /o disminución de la contaminación del medio ambiente, etc. Lógicamente encontrar la dosis mas adecuada de estiércol en este caso para la región, es extremadamente imposible, dado los diferentes tipos de suelo que existen, así como las necesidades nutricionales de los diferentes cultivos y todavía mas aún la variabilidad y complejidad de un mismo tipo de suelo y en un sitio reducido (5 ha).

Cultivos y Variedades Utilizadas.

La variedad de maíz utilizada, fue la San Lorenzo, la de trébol fue la ABT-M-CUT.

Variables del Suelo Medidas.

Antes de la siembra se realizó un muestreo al azar del suelo, con una barrena de caja extrayendo aproximadamente la cantidad de un kg de suelo, a profundidades de:

0-15, 15-30, y 30-60 cm, en el 2005 con el objetivo de determinar las características físicas y químicas del suelo mediante análisis en laboratorio. Para el 2006 se realizó un muestreo de suelo al final del ciclo, para determinar nitratos, amonio, conductividad eléctrica, materia orgánica y PH, hasta una profundidad de 210 cm.

Características Físicas del Suelo.

Las variables que se determinaron en suelo, fueron:

- a) Textura por el método de Hidrometría de Boyoucos.
- b) pH por el método del potenciómetro digital.
- c) Humedad aprovechable o disponible por el método de cálculo por diferencia.

Características Químicas del Suelo.

- b) Materia Orgánica por el método de Walter y Black.
- c) Conductividad Eléctrica por Conductímetro Digital.
- d) Cationes Solubles (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+) por titulación.
- g) Nitrógeno inorgánico (nitratos y amonio) por los métodos de Ácido Fenoldisulfónico y Kjendal.

Al final del estudio se cuantificaron PH, CE, MO, $\text{NO}_3\text{-1}$ Y $\text{NH}_4\text{-1}$, para efecto de cuantificar su concentración en el perfil de suelo de 0 – 210 cm de profundidad y así poder tener un esquema cuantitativo del movimiento de estos iones en el suelo.

Variables Respuesta en Planta.

Las variables a medir en planta nos permiten determinar cuales son los mejores tratamientos.

Análisis Económico.

Al término del proyecto se realizó un análisis económico, con la finalidad de determinar la factibilidad económica tomando en cuenta los costos de producción, con costos de equipo. Análisis de ahorro de fertilizantes químicos y un análisis total de producción.

La inversión fija total del proyecto de riego por goteo sub superficial (RGS) comprende la unidad de control y sistema estructural, la red parcelaria constituida por la tubería y válvulas de aire, la red ínter parcelaria que comprende la línea de conducción principal, secundaria, cruceros y accesorios, las excavaciones e instalación de las tuberías y cinta de riego, el costo de supervisión y administración y los impuestos. El cálculo anual de este rubro se obtuvo sobre la base de una eficiencia del sistema de riego del 90%. Moreno (1999) y comprendió: el costo de la energía eléctrica, el salario del operador del equipo, el mantenimiento correctivo (refacciones, grúas, asistencia electromecánica, presupuestos, etc).

La evaluación económica del sistema de riego se realiza sobre un horizonte de planeación de 5 años considerando dos ciclos agrícolas por año, período que se estableció por condición del productor y en función de la vida útil de la cintilla.

Sin embargo, el evaluar una unidad de riego en proceso y en consecuencia de los beneficios y costos que se generen a través de la operación, del grado de tecnificación y equipamiento del sistema, de los activos que lo soportan, es una tarea sumamente compleja.

Shete *et al.* (1995).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados y discusión de cada variable medida, tanto de suelo como de planta se presentan desglosados por cada año de trabajo en el sitio experimental, los años estudiados fueron 2005 y 2006 respectivamente.

Producción de Forraje.

Para el ciclo 2005 la producción de forraje en verde refleja diferencia estadística para el Factor B (Estiércol) con una $P > F$ de 0.023; así como su interacción con la repetición con una $P > F$ SW 0.041 (Cuadro 4). Al realizar el análisis de medias encontramos que los rangos de producción van desde 56.30 hasta 86.28 Ton ha⁻¹ de forraje, las mas bajas producciones de presentan en el testigo (0 Ton ha⁻¹), con 56.30 Ton ha⁻¹ (Cuadro 3).

Con respecto a forraje seco, para el mismo año, el análisis de varianza nos muestra una diferencia estadística para el factor estiércol, con una $P > F$ de 0.031 (Cuadro 5), al realizar el análisis de medias encontramos que el testigo es el que produce menos forraje (22.40 Ton ha⁻¹), y los que muestran mayor producción son los tratamientos de 40 y 80 Ton ha⁻¹ de estiércol, con 34.80 Ton ha⁻¹ de forraje seco (Cuadro 3); Para este año se puede observar que los tratamientos que mas forraje producen son aquellos mas bajos en cantidad de estiércol, estos puede ser explicado porque, los seis años anteriores al ciclo se estuvo adicionando al suelo estas mismas dosis de estiércol en los mismos sitios y esto elevo la conductividad eléctrica a niveles por encima de lo tolerable para las plantas en los tratamientos de mayor cantidad de estiércol; nótese también que el tratamiento de fertilizante químico también quedo por debajo en el rendimiento de forraje comparado con los tratamientos más bajos de estiércol. Resultados similares fueron discutidos por Salazar., et al 2004 y Striuk, 1990.

Para el ciclo agrícola 2006 en forraje verde, el análisis de varianza no muestra diferencia estadística para ningún factor, el rango de producción fluctúa entre 45 y 54 Ton ha⁻¹ de forraje (Cuadro 6).

Para el mismo ciclo pero en forraje seco, el análisis de varianza muestra diferencia estadística para el factor estiércol con una $P > F$ de 0.031 (Cuadro 7), la prueba de medias nos muestra los mayores resultados en los tratamientos del fertilizante químico y 40 Ton ha⁻¹ de estiércol; con valores de 24.6 y 24.5 Ton de forraje seco.

Los valores más bajos de producción de forraje seco se encuentran en los tratamientos más altos de estiércol (120 y 160 Ton ha⁻¹), con valores de 19.37 y 19.79 Ton de forraje seco (Cuadro 3).

El hecho de que los más altos de estiércol obtengan la más alta producción puede ser debido a la alta concentración de sales en los predios correspondientes a estos tratamientos; debido a que este es el 8° año en que se aplica estiércol en las mismas dosis en los mismos predios con excepción del año 2004 donde no se aplicó estiércol ya que los resultados de análisis de suelo mostraron una alta salinidad.

Cuadro 3. Medias de producción con respecto al factor B (Estiércol) CAE – FAZ – UJED 2005.

Tratamiento (Estiércol)	2005		2006	
	Peso verde	Peso seco	Peso verde	Peso seco
	-----Toneladas por hectárea de forraje-----			
Testigo	53.305 b	22.402 c	45.833 a	23.185 a
40 Ton ha ⁻¹	86.279 a	34.829 a	47.410 a	24.485 a
80 Ton ha ⁻¹	85.056 a	34.811 a	42.835 a	21.431 a
120 Ton ha ⁻¹	75.835 a	26.399 b	42.407 a	19.377 a
160 Ton ha ⁻¹	77.113 a	30.077 ab	45.804 a	19.797 a
100-150-00	77.224 a	28.955 ab	54.588 a	24.634 a

Cuadro 4. Análisis de Varianza para peso verde. CAE-FAZ-UJED., 2005.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	123.80098	61.90049	1.22	0.3343
Cultivo (FA)	1	5.94221	5.94221	0.14	0.7451
FA*R	2	85.54493	42.77246	0.85	0.4575
Estiercol (FB)	5	3469.82767	693.96553	4.32	0.0236
FB*R	10	1607.98063	160.79806	3.18	0.0409
FA*FB	5	359.47722	71.89544	1.42	0.2964
Error	10	505.32467	50.53246		
Total	35	6157.89834			
R ²		0.9179			
C.V.		9.315			

Cuadro 5. Análisis de Varianza para peso seco. CAE-FAZ-UJED. 2005.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	72.63783	36.31891	0.83	0.4654
Cultivo (FA)	1	3.80770	3.80770	0.03	0.8783
FA*R	2	253.46362	126.73183	2.88	1.1026
Estiercol (FB)	5	703.16603	140.63320	3.94	0.0311
FB*R	10	357.08137	35.70813	0.81	0.6255
FA*FB	5	66.50214	13.30042	0.30	0.9004
Error	10	439.48011	43.94801		
Total	35	1896.13878			
R ²		0.7682			
C.V.		22.4122			

Cuadro 6. Analisis de Varianza para peso verde. CAE-FAZ-UJED 2006.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	9.74630	4.87315	0.08	0.9261
Cultivo (FA)	1	33.26790	33.26790	0.19	0.7081
FA*R	2	357.22407	178.61203	2.84	0.1057
Estiercol (FB)	5	583.35469	116.67093	1.17	0.3887
FB*R	10	998.91903	99.89190	1.59	0.2393
FA*FB	5	366.31127	73.26225	1.16	0.3906
Error	10	629.65700	62.96570		
Total	35	2978.48028			
R ²		0.7885			
C.V.		17.071			

Cuadro 7. Análisis de Varianza para peso seco. CAE-FAZ-UJED., 2006

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	72.63783	36.31891	0.83	0.4654
Cultivo (FA)	1	3.80770	3.80770	0.03	0.8783
FA*R	2	253.46366	126.73183	2.88	0.1026
Estiercol (FB)	5	703.16601	140.63320	3.94	0.0311
FB*R	10	357.08131	35.70813	0.81	0.6255
FA*FB	5	66.50214	13.30042	0.30	0.9004
Error	10	439.48011	73.94801		
Total	35	1896.13878			
R ²		0.768224			
C.V.		22.41228			

Número y Altura de Planta.

Para el ciclo agrícola 2005 la altura de planta registrada al momento de la cosecha fue en promedio 2.5 m (Cuadro 8), el análisis de varianza para el 2005 muestra diferencias estadísticas para repetición (Cuadro 9) con una P > F de 0.001, para el 2006 el análisis de varianza no muestra ninguna diferencia estadística.

Con respecto el número de plantas, para el 2005 sobrevivieron en promedio 11700 plantas, el cuadro 8 muestra detalladamente el número de plantas para cada tratamiento; el análisis de varianza no refleja ninguna diferencia estadística, para el año 2006 tampoco se muestra diferencia significativa estadística para ningún factor; y el número desglosado de plantas por tratamiento también se muestra en el cuadro 8. La supervivencia de las plantas depende de varios factores, el vigor de la propia planta exposición al viento etc. (Reta et al., 2002, Nuñez, 1993, Robles, 1990, Herrera, 1999).

Cuadro 8. Promedio de número de plantas y de altura de plantas según tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED 2005-2006.

Tratamiento (Estiércol)	2005		2006	
	Número de Plantas	Altura de Planta Metros	Número de Plantas	Altura de Plantas Metros
Testigo	115555 a	2.691 a	65555 a	2.705 a
40 Ton ha ⁻¹	123333 a	2.628 a	93333 a	2.543 a
80 Ton ha ⁻¹	123333 a	2.453 a	99999 a	2.591 a
120 Ton ha ⁻¹	112221 a	2.451 a	104444 a	2.435 a
160 Ton ha ⁻¹	119999 a	2.433 a	99999 a	2.593 a
100-150-00	114444 a	2.551 a	85555 a	2.693 a

Cuadro 9. Análisis de Varianza para altura de planta. CAE-FAZ-UJED. 2005.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	0.74555000	0.37277500	14.82	0.0010
Cultivo (FA)	1	0.11334444	0.11334444	4.37	0.1718
FA*R	2	0.05190556	0.02595278	1.03	0.3913
Estiercol (FB)	5	0.34490000	0.06898000	1.05	0.4409
FB*R	10	0.65685000	0.06568500	2.61	0.0729
FA*FB	5	0.18845556	0.03769111	1.50	0.2737
Error	10	0.25149444	0.02514944		
Total	35	2.35250000			
R ²		0.8930			
C.V.		6.2558			

Numero de Mazorcas.

Con respecto al número de mazorcas para el ciclo 2005 el análisis de varianza no muestra ninguna diferencia estadística, sin embargo para el ciclo 2006 se muestra una diferencia estadística en el análisis de varianza para el factor cultivo con una $P > F$ de 0.02, no así para el factor estiércol (cuadro 10); las medias para los tratamientos de estiércol en el 2005 van desde un promedio de 2 en el tratamiento de 160 ton ha⁻¹ de estiércol hasta 1.75 en los tratamientos de 120 ton ha⁻¹ de estiércol. El testigo y el fertilizante químico (Cuadro 11); para el 2006 el mínimo numero de mazorcas fue de 1.25 en el testigo y el máximo fue de 1.66 para los tratamientos de 80, 120, y 160 tonha⁻¹ de estiércol (Cuadro 11).

Para el factor cultivo la diferencia estadística indica el más alto número de mazorcas para maíz con 1.44 y maíz-trébol queda por debajo. Valenzuela et al, 2003 menciona que la variedad San Lorenzo tiene como características el producir dos, mazorcas por planta en al menos el 60 % de la población total.

Cuadro 10. Análisis de Varianza para el Número de Mazorcas. CAE-FAZ-UJED., 2006.

Fuente de variación	de GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
Repetición (R)	2	0.18055556	0.90027778	0.94	0.4219
Cultivo (FA)	1	1.00000000	1.00000000	48.00	0.0202
FA*R	2	0.04166667	0.02083333	0.22	0.8083
Estiercol (FB)	5	0.80555556	0.60111111	1.63	0.2377
FB*R	10	0.98611111	0.09861111	1.03	0.4824
FA*FB	5	0.25000000	0.05000000	0.52	0.7551
Error	10	0.95833333	0.09583333		
Total	35	4.22222222			
R ²		0.7730			
C.V.		24.2271			

Cuadro 11. Medias de las variables fenológicas del cultivo con respecto al factor B (Estiércol) CAE-FAZ-UJED 2005 y 2006.

Tratamientos estiércol	Numero de Mazorcas	
	2005	2006
Testigo	1.750 a	1.461 a
40 Ton ha ⁻¹	1.833 a	1.508 a
80 Ton ha ⁻¹	1.833 a	1.473 a
120 Ton ha ⁻¹	1.750 a	1.490 a
160 Ton ha ⁻¹	2.000 a	1.406 a
100-150-00	1.750 a	1.468 a

Otras Variables Genealógicas.

Además de las anteriores se evaluaron también otras variables tales fenológicas tales como: Altura de mazorca, la cual no presento diferencia estadística significativa. Otra variable analizada fue el numero de nudos que presentaron las plantas de maíz encontrándose que para el ciclo 2005 encontramos diferencia estadística significativa para las repeticiones y sus interacciones en cultivo y estiércol así como la interacción de cultivo y estiércol con una $P > F$ de 0 0006, 0.0018, 0.0024 y 0.0012 respectivamente con una R^2 de 0.94. (Cuadro 12), para el ciclo 2006 no se encontró diferencia estadística significativa alguna.

Cuadro 12. Análisis de Varianza para Número de Nudos. CAE-FAZ-UJED., 2005.

Fuente de variación	de GL	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	Valor de F	de $P > F$
Repetición (R)	2	8.1666	4.0833	16.70	0.0006
Cultivo (FA)	1	0.1736	0.1736	0.06	0.8352
FA*R	2	6.2222	3.1111	12.73	0.0018
Estiercol (FB)	5	4.2291	0.8458	0.92	0.5049
FB*R	10	9.1666	0.9166	3.75	0.0243
FA*FB	5	12.2847	2.4569	10.05	0.0012
Error	10	2.4444	0.2444		
Total	35	42.6875			
R^2		0.9427			
C.V.		3.0040			

El análisis de varianza para número de hojas no muestra ninguna diferencia estadística significativa para el 2005 ni para el 2006. Para el índice de área foliar tampoco existe diferencia significativa para los ciclos 2006, se determinó también el diámetro de tallo el cual mostró una diferencia estadística significativa para el factor estiércol con una $P > F$ de 0.016, el análisis de medias revela un mayor

diámetro de tallo en los tratamientos de fertilizante químico y de 40 Ton ha⁻¹ con una media de 1.97 y 1.88 cm respectivamente.

CONCLUSIONES

Después de un periodo de seis años de paliación continua de estiércol bovino queda suficiente nitrógeno residual para producir el siguiente ciclo de producción sin necesidad de aplicar ningún fertilizante.

El nitrógeno residual de seis años de aplicación continua presento mejores resultados de producción en los tratamientos de 40 y 80 Ton ha⁻¹.

Para el ciclo agrícola 2006 no existe diferencia estadística alguna aunque el testigo químico muestra ser superior a los demás tratamientos.

Para las variables fonológicas no se detecto diferencia significativa alguna tanto en tratamientos como en años de producción.

LITERATURA CITADA

- Adams E.J. 1970. Effect of mulches and bed configuration II. Soil temperature and growth and yield response of grain sorghum, and cron. *Agron. J.* 62: 57, 78, 90.
- Ahlers, R., Rymshaw, E. y Kloezen, W., 1998. "Policy and Practice: Challenging Conventional Thought on water Trading". México, D.F. México: International Water Management Institute.
- Bassols A.B. 1982. Recursos Naturales de México (Teoría, conocimiento y uso) 14ª. Edición. Editorial Nuestro Tiempo. México, D.F. pp.174- 179.
- Biblioteca de la Agricultura 1998. Suelos, abonos y materia orgánica. 2ª. Edición. IDEA BOOKS S.A. Barcelona España. pp. 25,38, 98.
- Borton, L.R. , Rotz., J.r. Black., M.S. Allen y J.W. Lloyd. 1997 Alfalfa and corn silage systems compared on Michigan dairy Farms. *J. Dairy Sci.*
- Bouldin. D.R., S.D. KLAUSNER y W.S. REID. 1984 Use of nitrogen from manure pp. 221-248. In:R.D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. ASA-CSSA. Madison, Wis.
- Calderón A. R. 1979. El cultivo de maíz en México. Centro de Investigaciones Agrarias. pp. 11.
- Camp, C.R, P.G. Hunt, and P.J. Bauer. 1995. Subsurface microirrigati management and lateral spacing for cotton in the southeastern USA. *Microirrigation for a changinf world: Conserving Resources/Preserving the Environmt.* ASAE publication 4-95.
- Castellanos, J.Z. y P.F. PRATT. 1981. Nitrogen availability in animal manures and crop yields. *Agrochimica* 25: 443-451.

- Castellanos j. Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios técnicos vol. 7.
- Castellanos J.Z. 1987. Características de los estiércoles de bovino y gallinaza en la Comarca Lagunera. Informe de investigación agrícola en forrajes. Campo experimental de la Laguna. INIFAP. Pag. 79-89.
- Castellanos, J. Z. 1986. Evaluación de estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. *Agric. Tec. Mex.* 12:247-258.
- CIAN-INIA-SARH.
- Castellanos J. Z. Márquez O.J. J; Etchevers B. J. D; Santelises A. A. y Salinas J. R. 1986. Comisión nacional de zonas áridas, Folleto informativo, México.
- Castellanos, J.Z. y P.CABRIALES. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Revista Terra* 11-11 : pp. 113-126.
- Castellanos, J.Z., J.J. Marquez O., J.D. Etchevers, A. Aguilar S. Y J.R. Salinas. 1996 Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. *Revista Terra* 14-2 : pp. 151-158.
- Chen, Y. & J. Katan, 1980. Effects of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their Chemical properties. *Soil Sci.* 130:271-277.
- Claude, J.P. The sustainability and potential of subsurface drip irrigation 1995. *Microirrigation for a changing world: Conserving Resources/Preserving the Environment.* ASAE publication 4-95.
- Charles, M. Burt., Stuart. W. Styles. 1999. Drip and micro irrigation for Trees, Vines and Row crops. Design and Management (with special sections on SDI) Irrigation Training and Resarch Center (ITRC). California Polytechnic State University. San Luis Obispo, California 93407. ISBN 0-9643634-2-9.
- Christensen N.B., Lindeman W.C., Salazar-Sosa E. y Gil R.L., 1994. Nitrogen and carbon dynamics in no-tillage and stubble mulch tillage system. *Agron. J.* 86:298-303.
- Comisión sobre el medio ambiente y desarrollo de las Naciones Unidas 1992. Nuw Cork Ed, Naciones Unidas.
- Cottenie, A. 1984. Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. *Boletín de suelos de la FAO.* 38/2. FAO, Roma.
- Cox, W.J., S.Kalonge, D.J.R. Cherney and W.S. Reid. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practice. *Agron. J.* 85:341-347.
- Cox, W.J. 1996. Whole-Plant physiological and yield response of maize to plant density. *Agron. J.* 88:489-496.
- Cox, W.J., and D.J.R. Cherney. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.
- Evett, S.R., T. A. Howell, and A. D. Schneider. 1995. Energy and water balances for surface and subsurface drip irrigated corn. In proceedings of the Fith International Microirrigation Congress, April 2-6, Hyatt Regency Orlando, Orlando Florida, USA, pp. 135-140.
- FAO-FIAC, 1982. Los niveles de contaminación del medio ambiente por fertilizantes nitrogenados.
- Fassbender, H.W. y Bornemisza, E. 1994. *Química de Suelo; con énfasis en suelos de América Latina.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica.
- Fitzpatrick, E.A. 1996. *Introducción a la ciencia de los suelos.* Editorial Trillas. México D.F.
- Flores, L. L.F. (1989) Avances en Tecnología de Riego. Memorias Seminario internacional sobre tecnificación del riego y uso racional de la energía en Torreón, Coah. Pp. 1-10.

- Fray W. Beutel Spacher, Hy Riets e. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances, soil components. Volumen 1. Organic. Components. Editor-Jhon, E. Giesequia K. Pp. 4-183.
- Fortis-H, M.y Rhodante Alhers. 1999. Naturaleza y Extensión del Mercado de agua en el Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 10. México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. Pp 46-47.
- Gamboa A. 1980. La fertilización del maíz. Méx. pp. 37-38.
- García, E. (1981) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. Offset Larios. S.A. México, D.F.

Capítulo XXI

INDICES DE CRECIMIENTO EN MAÍZ FORRAJERO BAJO FERTILIZACIÓN ORGANICA Y QUIMICA

Growth Index of Forage Corn Under Chemical and Organic Fertilization

Jorge Arnoldo Orozco-vidal¹, Manuel Fortis-Hernández¹, Miguel Angel Segura-Castruita¹
Pablo Preciado-Rangel¹, Pablo Yescas-Coronado¹, Enrique Salazar-Sosa^{1,2}, Héctor Idllio Trejo-Escareño²

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), DEPI. Torreón, Coahuila, México. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

RESUMEN

El presente estudio se llevo acabo durante el ciclo de primavera 2008 en el Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México. El objetivo fue conocer los índices de crecimiento de maíz forrajero a dos fuentes de fertilización. Se utilizaron tres híbridos de maíz forrajero (GARST 8385, PIONNER 3025W y ABT Arrayan) que fueron sometidos a dos fuentes de fertilización (Orgánica “Liquidimus” 90 L ha⁻¹ y Química 120-70-00). Los tratamientos se evaluaron bajo un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Área Foliar Especifica (AFE), Relación Peso Foliar (RPF), Relación Área Foliar (RAF) e IAF.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el híbrido PIONNER 3025W acumulo mayor cantidad de biomasa en los órganos reproductivos. Mientras que GARST 8385 envió la mayor cantidad de fotoasimilados a los órganos vegetativos y mostro la mejor eficiencia fotosintética durante el ciclo del cultivo presentando los valores más altos de TAN y TCC. Los valores más altos de RAF, AFE y RPF se obtuvieron en las primeras etapas de crecimiento, siendo PIONNER 3025W quien tubo la mejor frondosidad. Sin embargo la fuente de fertilización no afecto RAF, AFE, RPF y TAN.

Palabras clave: maíz forrajero, fertilización organica y quimica

SUMMARY

During the crop cycle spring-summer 2008, a study was carried out at the Instituto Tecnológico de Torreon in Coahuila, Mexico; with the purpose to determine the growth index of forage corn fertilized with two different sources. Three hybrids of forage corn (GARST 8385, PIONNER 3025W y ABT Arrayan) were fertilized with an organic source (Liquidimus 90 L ha⁻¹) and chemical fertilizer (120-70-00). The treatments were evaluated using a split plot arrangement in a randomized block design with four replications. The measured variables were: Growth rate (GR), net assimilation rate (NAR), specific leaf area (SLA) leaf weight relationship (LWR), leaf area relationship (LAR) and leaf area index (LAI).

The results showed the PIONNER 3025W was the corn hybrid with greater biomass accumulation in the reproductive organs; while the hybrid GARST 8385, sent the higher amount of photoassimilates to the vegetative organs and showed the best photosynthetic rate during the crop cycle since it presented the higher values of GR and NAR. The higher values of LAR, SLA, LWR were obtained during the first growth stages and the PIONNER 3025W hybrid was the most foliar dense; however, the source of fertilization did not affect LAR, SLA, LWR and NAR.

Index words: corn forraje, organic and chemical fertilizer

INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna es absolutamente necesario mantener una fertilidad del suelo para obtener altos rendimientos en los cultivos, ya que la totalidad de los productores que realizan esta labor no lo aplican en la cantidad, ni en el momento en que la planta lo requiere.

La agricultura convencional empezó a ser cuestionada, y en el campo agrícola se están produciendo cambios, que reviertan el deterioro y los efectos dañinos de los pesticidas en general (Van Bruggen, 1995 citado por Bettioli *et al.*, 2004). Velasco *et al.* (2001) resalta la importancia de implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. En este sentido, la aplicación de abonos orgánicos, son alternativas que pueden emplearse en la producción agrícola.

Los fertilizantes orgánicos también conocidos como abonos orgánicos son aquellos materiales derivados de la descomposición biológica de residuos de cultivos, deyecciones y estiércoles animales, de árboles y arbustos, pastos, basura y desechos industriales; su aplicación en forma de dosis adecuadas

mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, es decir, es la forma más natural de fertilizar el suelo (Ruiz, 1999).

Los fertilizantes orgánicos ejercen multilateral efecto sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas (Rodríguez, 2002).

Se considera que la aplicación de abonos de origen orgánico contribuyen a restaurar la biodiversidad, la dinámica biológica y la fertilidad perdida por el suelo bajo permanente explotación agropecuaria. La agricultura orgánica es un sistema que reúne los aspectos agronómicos, ecológicos, económicos y sociales. En esta agricultura se integra el uso de insumos de origen orgánico, tales como estiércoles y residuos vegetales, como abonos; el manejo de insectos plaga y enfermedades, a partir de extractos vegetales como repelentes o biocontroladores, control biológico natural o inducido y rotación de cultivos, para protección de los mismos y mejor uso del suelo.

Una manera de incrementar la disponibilidad de nitrógeno son los abonos orgánicos que se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 1997). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 2000). King (1990) indica que una estrategia de la agricultura sostenible es el control de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrimentos, minimizando pérdidas de éstos o suministrando sólo los necesarios, así como utilizar los mecanismos por los cuales los nutrimentos puedan conservarse, dentro de los cuales destaca el uso de abonos orgánicos, y el control de erosión, lixiviación y desnitrificación.

Castellanos (2003) menciona que el término sustrato se aplica a todo material sólido que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezclado, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo. Los sustratos se usan en sistemas de cultivo sin suelo, es decir, aquellos en los que la planta desarrolla su sistema radical en un medio sólido y el cual está confinado a un espacio limitado y aislado del suelo. Abad (1993) define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación, enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en el suministro de nutrientes dependiendo su origen.

Importancia de los fertilizantes orgánicos

Ruiz (1996) establece que los materiales orgánicos pueden mejorar la fertilidad de los suelos de diferentes maneras:

- a) Proporcionando a las plantas elementos nutritivos,
- b) modificando las condiciones físicas del suelo,
- c) aumentando la actividad microbiológica para un mayor aporte de energía
- d) protegiendo a los cultivos de un exceso temporal de sales minerales o de sustancias tóxicas, gracias a su fuerte capacidad de absorción.

Lamas (2003) menciona que la fertilización en la agricultura orgánica debe cumplir tres aspectos:

Mejorar la fertilidad del suelo, economizar los recursos no renovables y no introducir elementos contaminantes en los agrosistemas; de ahí que se desprenden los siguientes principios: evitar la pérdida de elementos solubles, utilizar las leguminosas como fuente de nitrógeno, no utilizar productos obtenidos por vía de síntesis química, tomar en cuenta micro y macroorganismos del suelo y luchar contra la degradación física, química y biológica del suelo.

La fertilización orgánica mediante el uso de residuos de cosechas, compostas, estiércoles, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales, tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrientes a favor de la actividad biológica y la estructura del suelo. Las técnicas más apropiadas de fertilización son: fijación natural de nutrientes por medio de plantas como: leguminosas, plátano, manzanilla, mostaza y otras; abonos foliares de origen natural tales como: fermentados de estiércol de ganado, gallinaza, hormigas y/o compuestos vegetales; compuestos biodinámicos en general; incorporación de materia orgánica en general; rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos forestales. Técnicas que favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos (Ruiz, 1996).

De tal forma es de gran importancia el conocer los índices de crecimiento para lo cual Radford (1967) citado por Zavala (1982) menciona que la TCC es un incremento del peso seco de la planta (biomasa) por unidad de tiempo, esta TCC indica la velocidad de crecimiento en el cultivo por unidad de tiempo. Actualmente en los sistemas de producción se requiere mayor eficiencia en los recursos naturales (suelo y agua) y de la inversión económica realizada, por lo tanto esta investigación vendría a ayudar a comprender los factores que inciden en el rendimiento particularmente el proceso de producción de biomasa en la planta al variar un componente del manejo del cultivo, de aquí la importancia de conocer

y realizar el análisis de los índices de crecimiento del cultivo (TCC, TAN, RAF, IAF, DAF y AFE) del maíz forrajero ya que para la Comarca Lagunera como principal cuenca lechera del país es necesario producir mas forraje mediante cultivos alternativos. En este sentido el objetivo es conocer el índice de crecimiento tras evaluar tres variedades de maíz bajo fertilización orgánica y química.

MATERIALES Y METODOS

Localización del área de estudio.

El estudio se llevo acabo durante el ciclo de primavera de 2008 en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado en el km 7.5 de la antigua carretera Torreón – San Pedro, Coahuila, México en las coordenadas 25°46'56'' latitud Norte y 103°21'22'' longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1150 m.

Características climáticas

El clima en la Comarca Lagunera, es muy seco con deficiencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicálidas con inviernos benignos, según Thorntwaite. En base a las estaciones climatológicas del servicio meteorológico nacional ubicadas en la Comarca Lagunera, se presenta un gradiente de precipitación anual de Noreste a Suroeste, en un rango de 220 a 450 mm, teniendo como promedio de precipitación pluvial de 227.7 mm anuales. La evaporación anual es de 2396 mm. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, en promedio se tiene 31 % en primavera, 47.3 % en verano, 58.3 % en otoño y 40.3 % en invierno (CNA, 1998). Una de las características del clima importantes es la ocurrencia de altas temperaturas durante la primavera y verano, lo cual tiene un efecto significativo en la adaptación de cultivos. Estas altas temperaturas se presentan generalmente de mayo a agosto, alcanzando valores superiores a 35 °C durante el día y de 18 a 20 °C durante la noche. La temperatura media anual se encuentra entre los 17 a 22 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. Las heladas se presentan de noviembre a marzo, principalmente en enero y febrero, y poco frecuente en octubre y abril (Santamaría et al., 2006).

Tratamientos, variables evaluadas y análisis estadístico.

Los híbridos de maíz que se evaluaron son:

B1 = GARST 8385

B2 = PIONNER 3025W

B3 = ABT Arrayan

Las fuentes de Fertilización fueron:

A1 = Fertilización Orgánica (Liquidimus 90 L ha⁻¹)

A2 = Fertilización Química (120-70-00)

Los tratamientos se evaluaron bajo un arreglo de parcelas divididas bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, teniendo como factor A (parcela grande) la fuente de fertilización y factor B (parcela chica) los híbridos de maíz forrajero.

Las dimensiones de cada parcela experimental grande (factor A) fueron de 3.04 x 24 metros y de la parcela chica (factor B) 3.04 x 8 metros, que consiste en cuatros surcos con una separación de 0.30 m y 8 m de longitud. Mientras qua la parcela útil para las determinaciones consistió en los dos surcos centrales con una longitud de 6 m por parcela experimental.

Generándose los siguientes tratamientos.

Identificación	Factor A	Factor B
1. A ₁ B ₁	Orgánica (liquidimus 90 L ha ⁻¹)	GARST 8385
2. A ₁ B ₂	Orgánica (liquidimus 90 L ha ⁻¹)	PIONNER 3025W
3. A ₁ B ₃	Orgánica(liquidimus 90 L ha ⁻¹)	ABT Arrayan
7. A ₂ B ₁	Química (120-70-00)	GARST 8385
8. A ₂ B ₂	Química(120-70-00)	PIONNER 3025W
9. A ₂ B ₃	Química(120-70-00)	ABT Arrayan

Manejo del experimento

Las labores culturales consistieron de un barbecho, rastreo, y trazado de parcelas para la siembra en seco.

Se aplicó un riego de siembra y aplicación continua durante el ciclo del cultivo para mantener condiciones adecuadas de humedad recuperando la evapotranspiración por día, el riego se llevó acabo por medio del sistema de riego subsuperficial. Los riegos se aplicaron en base a la evaporación acumulada utilizando el método del tanque evaporímetro tipo A. a un 100% de ET. Mediante la ecuación: $ET_o = K_{pan} * K_c * E_{pan}$

Donde:

K_{pan} (tanque)= 0.85 (zonas áridas y semiáridas FAO)

K_c = Cultivo al momento de riego

E_{pan} = Evaporación acumulada (mm día⁻¹)

Utilizando cintilla calibre 10 mil, con una separación de un metro y a una profundidad de 40cm.

Para eliminar la maleza que se presentó durante el ciclo de crecimiento del cultivo se trabajó de forma manual conforme se fue presentando utilizando pala y azadón.

Las plagas se trataron mediante el químico llamado FAENA, aplicando de forma manual, bajo una medida de control.

Para los muestreos se cortaron dos plantas por parcela útil a los 20, 40, 60 y 80 dds las cuales se separaron en todos los órganos de la parte vegetativa (tallos, pecíolo y hoja) y reproductiva (espiga y mazorca), ya separadas cada una de las partes, las hojas se midieron de largo y ancho, para obtener su área foliar, posteriormente las muestras se picaron y se colocaron en bolsas perforadas de papel, para someterlas a secado en una estufa a temperatura de 62 °C por 24 horas o bien hasta alcanzar peso constante. Determinando de esta manera, el peso seco de cada uno de los órganos de la parte aérea del cultivo y de la planta en general. Teniendo el peso seco se determinaron los índices de crecimiento de acuerdo a las fórmulas correspondientes.

Con la finalidad de conocer el análisis de crecimiento, se evaluaron los siguientes índices:

a) Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Indica el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

$$TCC = (P_2 - P_1) / A (t_2 - t_1) \text{ gr m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

P1= Peso seco de Muestra 1

P2= Peso seco de Muestra 2

t1= Fecha de Muestreo 1 expresado en dds

t2= Fecha de Muestreo 2 expresado en dds

b) Tasa de asimilación neta (TAN)

Es un estimador de la eficiencia fotosintética de la planta.

$$TAN = (PS_2 - PS_1 / AF_2 - AF_1) \times (\log e AF_2 - \log e AF_1) / t_2 - t_1,$$

g MS o gr m⁻²dia⁻¹

Donde: Log e = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en t1 y t2.

AF = Área foliar en el periodo t1 y t2.

c) Relación de área foliar (RAF)

Estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta.

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{PS}, \text{ cm}^2 \text{ gr}^{-1} \text{ de PS.}$$

Donde: PS = Peso Seco Total

AF = Área foliar de la planta.

d) Área foliar específica (AFE)

Este parámetro mide el grosor de la hoja

$$\text{AFE} = \text{AF} / \text{PSAF}, \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

PSAF= Peso seco del área foliar

e) Relación de peso foliar (RPF)

Determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta.

$$\text{RPF} = \text{PSAF} / \text{PS de la planta}, \text{ g g}^{-1}$$

f) Índice de área foliar (IAF)

El área foliar por unidad de superficie de suelo.

$$\text{IAF} = \text{AFT} / \text{S}, \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$$

Donde: AFT = Área Foliar Total

S = Área de Suelo ocupada

La cosecha se realizó a los 90 dds, de forma manual

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices de crecimiento entre híbridos de maíz forrajero

Los análisis de varianza para los índices de crecimiento de TCC indican diferencias significativas al inicio del ciclo, el cuadro 1 indica que el híbrido PIONNER 3025W obtuvo el valor mas alto, sin embargo conforme fue avanzando el crecimiento del cultivo el híbrido GARST 8385 genero los mayores valores de TCC, lo cual fue reflejo de una mayor eficiencia fotosintética del híbrido al presentar los valores mas altos de TAN.

Los tres híbridos de maíz forrajero alcanzaron su máximo IAF a los 60 dds, ABT Arrayan presento el mayor IAF, y por tanto cuenta con una mayor estructura foliar para la captación de radiación solar y para la producción de carbohidratos.

Lo anterior es similar a los resultados obtenidos por Nuñez y Kamprath, (1969); Fichtner y Schulze, (1992) y Olalde *et al.*, (2000). Posteriormente a los 80 dds decreció la estructura foliar en los tres híbridos.

En el cuadro 1 los análisis de varianza entre los híbridos de maíz forrajero en los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) detectaron diferencias estadísticamente significativas, de manera que los valores mas altos de RAF, AFE y RPF se obtuvieron en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, y gradualmente declinaron conforme fue avanzando la edad del cultivo, lo cual es normal ya que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético, y posteriormente sucede lo contrario al establecerse la fase reproductiva. De igual manera se encontró en tomate con fertilización inorgánica por Hernández (2007).

Los mayores valores de RPF y RAF a los 80 dds la tiene ABT Arrayan, sin embargo ocurría lo contrario al inicio del ciclo siendo en esa etapa el híbrido GARST 8385 quien tenia los valores mas altos.

Con respecto a la frondosidad de la planta el análisis estadístico indica diferencias significativas al final del ciclo presentando los valores mas altos de AFE el híbrido PIONNER 3025W con diferencias de 16.84gr de GARST 8385 quien alcanzo los valores mas bajos de AFE, no siendo así al inicio del ciclo, ya que el valor mas bajo lo obtuvo ABT Arrayan con diferencia de 37.06gr a comparación de PIONNER 3025W quien fue también el mas alto al inicio del ciclo.

Cuadro 1. Índices de crecimiento de tres híbridos de maíz forrajero. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2008.

ÍNDICES	PERIODO (dds)‡	HÍBRIDOS					
		GARST	8385	PIONNER	3025W	ABT	Arrayan
TCC gr m ² día ⁻¹	20-40	2.6752	b†	3.81824	a	3.42456	ab
	40-60	32.1736	a	25.884	a	30.476	a
	60-80	30.88	a	27.5856	a	20.9296	a
	20-80	21.8496	a	19.096	a	18.2768	a
TAN gr m ² día ⁻¹	20-40	10.384	a	10.2716	a	11.6544	a
	40-60	13.4712	a	10.4096	b	11.7344	b
	60-80	6.6496	a	6.2008	a	4.2528	a
	20-80	23.9848	a	20.7744	ab	19.6624	a
IAF	20	359.28	a	95.68	a	344.72	a
	40	6394.4	b	9550.4	a	8331.2	ab
	60	40124	a	38893.6	a	43486.4	a
	80	35531.2	a	31988.8	a	36244	a
AFE cm ² gr ⁻¹	20	265.8	ab	271.968	a	242.321	b
	40	152.768	a	153.768	a	152.071	a
	60	130.72	a	132.892	a	131.128	a
	80	92.4128	b	105.8912	a	102.3144	a
RAF cm ² gr ⁻¹	20	187.7392	a	185.572	a	159.1512	b
	40	92.624	a	97.808	a	103.848	a
	60	47.6304	a	52.6384	a	52.7832	a
	80	21.496	b	22.9208	b	26.9776	a
RPF gr gr ⁻¹	20	0.565736	a	0.550152	ab	0.531064	b
	40	0.485264	a	0.508584	a	0.486216	a
	60	0.290712	b	0.317104	a	0.321544	a
	80	0.188096	b	0.172736	b	0.211144	a

† Medias dentro de cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes. (Tukey, 0.05). ‡ dds = Días después de la siembra.

Índices de crecimiento entre fuentes de fertilización

Los análisis de varianza para los índices de crecimiento entre dosis de fertilización únicamente detectaron diferencias estadísticas significativas en IAF y TCC, de manera que de los 20 a los 40 días después de la siembra la TCC en el maíz forrajero con la fertilización química presentó un mayor incremento del peso seco de la planta (biomasa) por unidad de tiempo, esto indica que fue más eficientemente metabólicamente al presentar una mayor velocidad de crecimiento que las plantas fertilizadas orgánicamente con el producto liquidimus, mientras que de lo 40 a los 80 días después de la

siembra la velocidad de crecimiento entre fuentes de fertilización fue igual, sin embargo en promedio de TCC de los 20 a los 80 días después de la siembra el incremento del peso seco fue similar entre las fuentes de fertilización. Por otro lado el IAF en los tres primeros muestreos (20, 40 y 60 dds) entre las fuentes de fertilización tuvieron un comportamiento similar, llegando a su máximo IAF a los 60 dds, y por lo tanto en esta etapa el cultivo cuenta con una mayor estructura foliar para la captación de radiación solar y para la producción de carbohidratos, ya que al llegar a los 80 dds decrece el IAF Cuadro 2.

Cuadro 2. Índices de crecimiento de dos fuentes de fertilización en maíz forrajero. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2008.

ÍNDICES	PERIODO (dds)‡	FUENTES DE FERTILIZACIÓN		
		ORGANICA		QUIMICA
TCC gr m ² día ⁻¹	20-40	3.31768	ab†	3.76496 a
	40-60	27.1536	a	31.784 a
	60-80	27.336	a	24.7736 a
	20-80	19.2688	a	20.108 a
TAN gr m ² día ⁻¹	20-40	11.16	a	10.8672 a
	40-60	11.376	a	12.4024 a
	60-80	6.1464	a	5.2432 a
	20-80	22.674	a	19.9504 a
IAF	20	349.2	a	498.56 a
	40	7843.2	a	8833.6 a
	60	38356	a	41951.2 a
	80	32668	b	35820.8 a
AFE cm ² gr ⁻¹	20	247.816	a	256.76 a
	40	152.896	a	149.216 a
	60	132.256	a	128.785 a
	80	102.4632	a	97.536 a
RAF cm ² gr ⁻¹	20	177.088	a	173.616 a
	40	94.856	a	91.976 a
	60	51.7616	a	48.5904 a
	80	21.5888	a	24.136 a
RPF gr gr ⁻¹	20	0.572744	a	0.543824 a
	40	0.497216	a	0.493704 a
	60	0.312224	a	0.300104 a
	80	0.180384	a	0.199784 a

† Medias dentro de cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes. (Tukey, 0.05). ‡ dds = Días después de la siembra.

En el cuadro 2 se muestra que las fuentes de fertilización no afectan los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) ya que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el maíz forrajero por lo que todas las plantas mantienen la misma relación entre magnitud de su aparato fotosintético, su grosor del aparato fotosintético y su peso seco (distribución de asimilados hacia el aparato fotosintético).

CONCLUSIONES

Con respecto a la eficiencia fotosintética, el híbrido más eficiente durante todo el ciclo del cultivo fue GARST 8385 presentando los valores mas altos de TAN y TCC, tomando en cuenta que todos los híbridos alcanzaron su máximo valor a los 60 días después de la siembra.

En los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético RAF, AFE y RPF los valores más altos se obtuvieron en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, siendo el híbrido PIONNER 3025W quien tubo la mejor frondosidad.

La Fuente de fertilización no afecto los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) ya que mantienen la misma relación desde los 20 hasta los 80 días después de la siembra. Al igual que no hubo efecto en la velocidad con la que las plantas generan los fotosintatos (TAN) porque fue similar entre fuentes de fertilización y entre épocas de muestreo.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. Curso Superior de Especialización Sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp. 47-79.
- Bettiol, W., R. Ghini., J.A. Haddad, and R.C., Siloto. 2004. Organic and onventional tomato cropping systems. *Sci. agric.* 61(3):253-259.
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª edición. Pág. 66-85.
- Castellanos, J. Z. 2003. Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero, INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp. 1-3.
- Comisión Nacional del Agua. 1998. Monitoreo de la Calidad del Agua y salinidad analizada en los suelos del Distrito de Riego 017. Gerencia Regional Norte. Distrito de Riego 017. Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Durango, México.
- Fichtner, K. y E. D. Schulze. 1992. The effect of nitrogen nutrition on growth and biomass partitioning of annual plants originating from habitats of different nitrogen availability. *Oecología* 92: 236-241.
- Hernandez, M. L. 2007. Tesis: “Análisis de crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero con fertilización inorgánica contra fertilización con lixiviado de vermicompost”.

- King, L.D. 1990. Ustainable Soil Fertility Practices. In: Sustainable Agriculture in Temperate Zones Francis, C.,C.B. Flora. And L.D. King (eds). Jhon Wiley.USA.pp: 147-173.
- Lamas, N. M. 2003. FIRA. Boletín Informativo. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano.
- NUÑES, R. y KAMPRATH, E. Relationships between N response, plant population and row width on growth and yield of com. *AgronomyJournal*, Madison, v. 61, p. 279-282, 1969.
- Olalde G. V.M., Escalante E. J. A., Sanchez G. P., Tyerina C. L., Masteche L. A. A. y Carreño R. E. 2000 Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima calido. *Pasg.* 313-323. *Terra* volumen 18 numero 4.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7: 171-175. 1967.
- Rodríguez M. R. y Jiménez D. F. 2002. Manejo de invernaderos. *En: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.* Venecia, Durango. Pp. 58-65.
- Romero Lima, M.R.L. 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción, anidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo.de México.
- Ruiz, F. J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica, bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. Colima, Col. 7 y 8 de Noviembre de 1996. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica, Gobierno del Estado de Colima y SAGAR-INIFAP.
- Ruiz, F. J. F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Santamaría César J., D. G. Reta Sánchez, J. F. J. Chávez González, J. A. Cueto Wong y J. I. Romero Paredes Rubio. 2006. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos en la comarca lagunera. Libro Técnico No. 2. 240 p. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro Norte. Campo Experimental la Laguna.
- Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Division de Carreras Agronómicas. Unidad Laguna.
- Velasco-Hernández E., Miranda-Velázquez I., Nieto-Angel R. y Villegas-Rodríguez H. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. *Revista Chapingo serie horticultura.* 2004. Volumen10. Número 2. p 239-246.