

AGRICULTURA ORGÁNICA

ISBN: 968-6404-62-7

Editado por: Enrique Salazar Sosa
Manuel Fortis Hernández
Antonio Vázquez Alarcón
Cirilo Vázquez Vázquez

“Los colores de la tierra en armonía con el hombre”



Juan Salazar

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.



Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED



UJED



FAZ



SMCS AC



COCyTED

631.417

A278a Agricultura Orgánica / edit...Enrique Salazar Sosa...(et al). Gómez Palacio,
México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED,
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED 2003.
271 p :24 cm
ISBN: 968-6404-62-7

1. Agricultura.- Agricultura orgánica- Estudios. Salazar Sosa Enrique, coedit.,II Fortis
Hernández Manuel, coedit., III Vázquez Alarcón Antonio, coedit., IV Vázquez Vázquez
Cirilo, coedit.

PRESENTACIÓN

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) y la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), concientes de la problemática en la cual se encuentra el Agro Mexicano pretende cumplir su compromiso para con el sector rural al tratar de encontrar soluciones a dichas problemáticas, para que los productores logren una mayor productividad conservando las riquezas de nuestros recursos naturales y favoreciendo un desarrollo sustentable para el bien de las futuras generaciones de mexicanos.

En este contexto en Octubre del año 2002 organizan en forma conjunta el Simposium de Agricultura Orgánica dentro del XXXI Congreso Nacional de la SMCS, con la finalidad de poner a consideración de todos los participantes interesados en esta importante alternativa de producción orgánica las opciones que un grupo d investigadores tiene sobre este contexto.

Con gusto puedo decir que se rebasaron las expectativas que se habían trazado y uno de los productos finales es precisamente este libro.

Esto se pudo constatar por el interés mostrado por los investigadores tanto de esta institución, como de otras, al seguir publicando y divulgar el conocimiento generado en sus respectivas áreas del conocimiento con una tendencia hacía una Agricultura Orgánica.

M.C. MANLIO ENRIQUE RAMÍREZ RAMÍREZ
Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

PROLOGO

La agricultura orgánica como un sistema de producción viable y productiva para las zonas áridas, semiáridas y tropicales del país y del mundo es un proceso de desarrollo Sustentable que debe de utilizarse y extenderse lo más posible entre los productores a todos sus niveles, considerando los costos de producción tan altos en un a agricultura tradicional y modernizada dado el uso tan elevado de insumos y maquinaria para la obtención de buenos rendimientos para un cultivo determinado. Sin embargo es determinante tener en mente todos los componentes que están implícitos en este tipo de Agricultura como son: cambio del sistema de producción y uso de abonos orgánicos, normatividad, cultivos, etc. que están involucrados y forman parte directa en la obtención de productos orgánico.

Otro aspecto importante que en el XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y específicamente en el Simposium de Agricultura Orgánica fue discutido ampliamente es precisamente el cambio de mentalidad del individuo para aceptar una alternativa de producción diferente con todos los compromisos, alcances y riesgos que ello implica, hacia un nuevo proceso de producción, para decir a futuro que realmente se esta produciendo un cultivo orgánico. Este libro que a través de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo se pone a la consideración de lo socios, productores, técnicos a fines y demás profesionistas interesados en la agricultura orgánica es un paso más de los compromisos que se tiene con la comunidad científica y productividad de nuestro país.

Ph.D. ENRIQUE SALAZAR SOSA
Profesor-Investigador

CONTENIDO

CAPITULO I 1

DESARROLLO HUMANO PARA UNA AGRICULTURA ORGÁNICA.

Dr. José Emilio Yee Wha
Dr. Manuel Fortis Hernández
Ph.D. Enrique Salazar Sosa

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| Telón de fondo | 10 |
| Hacia una agricultura alternativa | 11 |
| La agricultura orgánica, el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano | 13 |
| Referencias | 17 |

CAPITULO II 18

APLICACIÓN, MANEJO Y DESCOMPOSICIÓN DEL ESTIÉRCOL DE BOVINO

Dr. Enrique Salazar Sosa
Ing. Héctor Idilio Trejo Escareño
MC. Cirilo Vázquez Vázquez
MC. Oscar Rivera Olivas

| | |
|---|----|
| Introducción | 18 |
| Aplicación y almacenamiento del estiércol | 20 |

| | |
|---|----|
| Descomposición y/o biodegradación del estiércol | 21 |
| Almacenamiento del estiércol | 25 |
| Resultados experimentales | 28 |
| Conclusiones y sugerencias | 33 |
| Bibliografía | 34 |

CAPITULO III 37

**USO Y MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN LA PRODUCTIVIDAD DEL NOPAL
(*Opuntia spp.*)**

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

| | |
|---|----|
| Introducción | 37 |
| Antecedentes | 38 |
| Factores limitantes en la producción de nopal | 28 |
| Requerimientos nutricionales del nopal tunero | 42 |
| Etapas fenológicas importantes | 46 |
| Abonado con altas dosis de estiércol | 46 |
| Evaluación de cultivares de nopal verdura con altas dosis | 49 |
| Conclusiones de la evaluación | 53 |
| Problemas de altas dosis de estiércol | 54 |
| Bibliografía | 56 |

CAPITULO IV 61

**LA INOCUIDAD ALIMENTARIA, LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO DE
FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS**

Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

| | |
|---|----|
| ¿Qué se entiende por inocuidad alimentaria? | 61 |
| Bibliografía | 74 |

CAPITULO V 76

**UTILIZACION DE PLASTICOS PARA LA ELIMINACIÓN DE
MICROORGANISMOS DEL SUELO**

Ph.D. Florencio Jiménez Díaz
Ph.D. Enrique Salazar Sosa

| | |
|--|----|
| Introducción | 76 |
| Descripción de la técnica | 77 |
| Uso de solarización en agricultura orgánica | 80 |
| Solarización para el control de patógeno del suelo | 80 |

| | |
|---|----|
| Efecto de las temperaturas sobre el desarrollo y viabilidad de patógenos que sobreviven en el suelo | 84 |
| Efecto de la solarización sobre el comportamiento de la planta | 85 |
| Bibliografía | 86 |

CAPITULO VI

PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS CON DOS ESPECIES DE LOMBRICES EN DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO

Ph.D. Enrique Salazar Sosa
MC. Cirilo Vázquez Vázquez
MC. Héctor Idilio Trejo Escareño

| | |
|------------------------|----|
| Introducción | 89 |
| Materiales y métodos | 91 |
| Resultados y discusión | 94 |
| Literatura citada | 97 |

CAPITULO VII

USO DE BIOSOLIDOS COMO FERTILIZANTES EN CULTIVOS FORRAJEROS Y ALGODÓN

MC. Hugo Raúl Uribe Montes
MC. Noé Chávez Sánchez
MC. Gamaliel Orozco Hernández

| | |
|---|-----|
| Introducción | 99 |
| Antecedentes | 101 |
| Metales pesados en los Biosolidos | 106 |
| Respuesta de los cultivos a la aplicación de Biosolidos | 111 |
| Experiencias en el uso agrícola de Biosolidos en Delicias Chihuahua | 114 |
| Resultados de la investigación | 117 |
| Literatura citada | 128 |

CAPITULO VIII

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS SUSTENTABLES

Ph.D. Urbano Nava Camberos
Dr. Manuel Ramírez Delgado
Dr. Keir Francisco Byerly Murphy

| | |
|--|-----|
| Introducción | 131 |
| Filosofía y conceptos sobre manejo integrado de plagas | 133 |
| Definiciones de MIP | 133 |

| | |
|---|-----|
| Objetivos del MIP | 134 |
| Información básica requerida para el desarrollo de programas de MIP | 134 |
| Estrategias de MIP | 135 |
| Componentes de un programa de MIP | 135 |
| Niveles de integración de tácticas de MIP | 136 |
| Herramientas para tomar decisiones de control | 137 |
| Muestreo y monitoreo | 137 |
| Modelos fenológicos de predicción | 138 |
| Umbrales económicos o de acción | 140 |
| Tácticas o métodos de control | 142 |
| Sistemas de información | 150 |
| Niveles sistemáticos de operación para un MIP | 152 |
| Implementación de un programa de MIP | 153 |
| Ejemplo de un programa de MIP el caso del algodónero | 156 |
| Otros ejemplos de programas de MIP en México | 167 |
| Bibliografía | 170 |

CAPITULO IX 174

USO DE BIOFERTILIZANTES EN AVENA DE TEMPORAL EN LA SIERRA DE CHIHUAHUA.

M.C. Pedro Ortíz Franco
M.I. Jesús P. Amado Álvarez

| | |
|------------------------|-----|
| Introducción | 174 |
| Revisión de literatura | 175 |
| Materiales y Métodos | 177 |
| Resultados y discusión | 179 |
| Conclusiones | 183 |
| Bibliografía | 189 |

CAPITULO X 192

NORMAS DE APLICACIÓN DE RESIDUOS ANIMALES AL SUELO

Dr. Manuel Fortiz Hernández
Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez
Dr. Enrique Salazar Sosa

| | |
|---|-----|
| Contaminación de suelos agrícolas | 192 |
| Producción de residuos en la granja | 196 |
| Aplicación de residuos animales | 201 |
| Normas de aplicación de residuos animales en México | 205 |
| Bibliografía | 208 |

CAPITULO XI

210

**APLICACIÓN DE DERIVADOS DE ALGAS MARINAS Y LABRANZA DE
CONSERVACIÓN PARA LOGRAR UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE
LOS RECURSOS SUELO-AGUA.**

Dr. Juan Munguía López
Dr. Maria Rosario Quezada Martín
Dr. Luis Ibarra J
Dr. Felipe Hernández Castillo
Dr. Juanita Flores Velásquez
Dr. Benito Canales López

| | |
|------------------------|-----|
| Introducción | 210 |
| Materiales y métodos | 216 |
| Resultados y discusión | 221 |
| Bibliografía | 239 |

Autores participantes

Ph.D. Enrique Salazar Sosa
Ph.D. Rigoberto Vázquez Alvarado
Dr. J. Dimas López Martínez
M.C. Noe Chavez Sanchez
Ph.D. Emilio Olivares Sáenz
M.C. Ruben Zepeda Piña
Ph.D. Florencio Jiménez Díaz
Ph.D. Urbano Nava Camberos
Dr. Pedro Cano
Ph.D. Juan Antonio Leos Rodríguez
C.Dr. Emilio Yee Wah
Dr. Manuel Fortis Hernández
Dr. Juan Munguía López
Dr. Manuel Ramírez Delgado
Dr. Keir Francisco Byerly Murphy
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
Dr. Maria Rosario Quezada Martín
Dr. Luis Ibarra J.
Dr. Felipe Hernández Castillo
Dr. Juanita Flores Velásquez
Dr. Benito Canales López
MC. Oscar Rivera Olivas
MC. Hugo Raúl Uribe Montes
MC. Gamaliel Orozco Hernández
MC. Héctor Idilio Trejo Escareño

CAPITULO I

DESARROLLO HUMANO PARA UNA AGRICULTURA ORGÁNICA

Dr. José Emilio Yee Wah¹, Dr. Manuel Fortis Hernández² y Dr. Enrique Salazar Sosa³

1 Profesor de la Universidad Iberoamericana Planta Torreón; alumno de Doctorado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la UJED. E-mail: emilioyee@lag.uia.mx

2 Profesor Investigador del SIGA-ITA 10 (Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10). E-mail: mfortis@avantel.net

3 Profesor Investigador de la DEP-FAZ-UJED. E-mail: ENMAGEEL1@YAHOO.ES

INTRODUCCIÓN

Cualquier programa de Desarrollo Humano va dirigido a contribuir a mejorar la Calidad de Vida de la persona, las comunidades rurales y urbanas, de una región o nación. Sin embargo, habremos de contextualizar el concepto:

a) Desarrollo Humano Existencial Humanista.

Abarca a toda la persona y sus relaciones: Consigo mismo, con las demás personas, con el entorno y con Dios. Permite estudiar, analizar y reflexionar para abrir la posibilidad de atreverse realmente a “Ser” en el marco de esas relaciones. Es un abrirse a la vida, a través de relacionarse y compartir experiencias, crear la oportunidad de ‘ayudar - nos’ unos a otros (familia, comunidad y sociedad). Este desarrollo tiende a liberar el potencial teniendo como meta la realización y la confianza del ser humano para “autodirigirse” en forma constructiva.

Cuando la meta personal del individuo es encontrar su propia satisfacción, su crecimiento, su desarrollo y su realización. Busca activamente expresar en plenitud su potencialidad más íntima de energía y de inteligencia.

b) El Desarrollo Humano Sustentable.

Trata sobre la adecuada redistribución de los recursos para servir mejor a la humanidad, mediante la participación de tantas personas como sea posible en el uso creativo de sus propias potencialidades y de los recursos de su entorno, en lugar de favorecer solamente unos pocos intereses personales.

Es el desarrollo participativo, las personas constituyen el núcleo de cualquier toma de decisiones, refiriéndose a la libertad humana, al libre uso de las energías creativas de las personas para generar oportunidades económicas y sociales para sí mismas y para sus sociedades. Así mismo, abordar procesos de desarrollo humano, cuyo objetivo principal es desarrollar y utilizar todas las capacidades humanas.

MAHUBUB UL HAQ, creador del informe sobre el desarrollo humano en 1990, define el concepto del Desarrollo Humano, establece “que el objetivo básico es ampliar las oportunidades de los individuos para hacer que el desarrollo sea más democrático y participativo”. Una de ellas es el acceso al ingreso y al empleo a la educación y a la salud y a un entorno físico limpio y seguro. A cada individuo debe dársele también la oportunidad de participar a fondo en las decisiones comunitarias y de disfrutar de la libertad humana, económica y política.

Las prioridades de las personas no están determinadas para siempre; cambian con el tiempo, a medida que las circunstancias y las aspiraciones varían, y todas deben tenerse en cuenta en su conjunto para evitar que se favorezca una sola de ellas a expensas de otra. Muchos diseñadores de políticas suelen concentrarse en una sola dimensión, la del ingreso; esto, en el mejor de los casos, es una simplificación extrema y, en el peor, una enorme distorsión de la realidad.

Los hombres, las mujeres y los niños deben ser el centro de atención y a su alrededor debe forjarse el desarrollo. No se puede permitir que ellos se forjen alrededor del desarrollo. Además, el desarrollo ha de ser participativo; con tal fin, los individuos deben tener la oportunidad de invertir en el desarrollo de sus capacidades, en su salud, su educación y su aprendizaje. También se les debe dar la oportunidad de usar sus capacidades, de partir a fondo en todos los aspectos de la vida y de expresarse libre y creativamente.

Así concebido, el desarrollo ayudará a mejorar el espacio individual y social de cada cual. Sin embargo, dos condiciones deben cumplirse para que esto se realice:

1. Que la esencia de la sociedad no sea la satisfacción irrestricta de las de las decisiones de cada individuo, sino el respeto del potencial, las posibilidades, las necesidades y los intereses de todos sus miembros.
2. Que las opciones de la generación actual no se mejoren en detrimento de las opciones de generaciones futuras. Es decir, el desarrollo debe ser sostenible.

El desarrollo Humano requiere del desarrollo económico, puesto que sin este no es posible lograr ningún mejoramiento sostenido del bienestar humano. No obstante, el solo crecimiento no es suficiente para el desarrollo humano. Las altas tasas de crecimiento no se traducen automáticamente en niveles más altos de desarrollo humano, y se requiere una firme acción, basada en políticas sólidas, para forjar un vínculo más estrecho entre el crecimiento económico y el desarrollo humano.

Así como el crecimiento económico es necesario para el desarrollo humano, este último es un factor crítico del crecimiento económico. Este vínculo mutuo debe ser el núcleo de cualquier acción que se emprenda en tal sentido. Así pues, a la fecha se han venido trabajando en torno al desarrollo humano los informes con diversos temas y a continuación se harán algunas reflexiones de algunos de estos:

- 1990 Concepto y medición del desarrollo.
- 1991 Financiación del desarrollo humano
- 1992 Dimensiones globales del desarrollo humano
- 1993 Participación popular
- 1994 Nuevas dimensiones de la seguridad humana
- 1995 Género y desarrollo humano
- 1996 Crecimiento económico y desarrollo humano
- 1997 Desarrollo humano para erradicar la pobreza
- 1998 Consumo para el desarrollo
- 1999 La mundialización con rostro humano
- 2000 Derechos humanos y desarrollo humano

A partir del primer informe, mucho se comentó analizó y se sigue comentando de esos trabajos, algunos coinciden y alientan, muchos otros en continúa polémica y desacuerdo. Lo cierto es que la década de los 90's se caracteriza por medir el desarrollo humano en ese entonces en 160 países. En contraste podemos ver los cinco países mejor clasificados, la posición de un país Centro Americano, la de México y un sudamericano.

Clasificación IDH para países industrializados

| País | Clasificación IDH 1990 | Valor IDH 1990 |
|------------|------------------------|----------------|
| Japón | 1 | 0.993 |
| Canadá | 2 | 0.983 |
| Noruega | 6 | 0.978 |
| Costa Rica | 40 | 0.876 |
| México | 45 | 0.838 |
| Nicaragua | No-miembro ONU | xxx |

En 1990 además de definir el desarrollo humano, como lo anotamos anteriormente, se propone una forma de medirlo a través del índice de desarrollo humano (IDH) que combinando el ingreso nacional con dos indicadores sociales: el alfabetismo adulto y la esperanza de vida pretendía obtener una medida compuesta del progreso humano, a través de tres pasos:

El primero consistió en definir la medida de privación de un país para cada una de las variables básicas de vida (X_1), alfabetismo (X_2) y (el logaritmo de) PIB per cápita (X_3).

$$I_{ij} = \frac{(\max_j X_{ij} - X_{ij})}{(\max_j X_{ij} - \min_j X_{ij})}$$

El segundo paso consistió en definir un indicador promedio de privación (I_j) sacando un promedio simple de los tres indicadores.

$$I_j = \frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 I_{lj}$$

El tercer paso consistió en medir el índice de desarrollo humano (IDH) como uno menos el índice promedio de privación.

$$(IDH)_j = (1 - I_j)$$

Esto dio mucha atención entre los diseñadores de políticas, los profesionales del desarrollo, los académicos, la prensa y el público. Pero también dio a reconocer que el *concepto* de desarrollo humano es mucho más amplio que su *medición*. Desde entonces esta fórmula se ha ido modificando en el perfeccionamiento de la inclusión de elementos determinantes para medir el desarrollo humano de los países.

La panorámica de 1993 es singular; la gente experimenta un impulso impaciente por participar en los acontecimientos y los procesos que configuran sus vidas. Más de 1.000 millones de personas de todo el mundo siguen padeciendo la pobreza absoluta, y el 20% más pobre se encuentra con que el 20% más rico que goza de un ingreso de 150 veces superior. Pero ante la idea que por haber terminado la guerra fría en las relaciones Este y el Oeste, se dan buenas perspectivas de ir abriendo oportunidades para el desarrollo en el mundo.

El IDH incorpora como algo relevante dos situaciones. La primera, Sen A.K. (1990) con un método para lograr que el índice sea más sensible a las disparidades entre sexos, comparando datos de 33 países acerca de las relaciones de los salarios y de participación en la fuerza de trabajo de los hombres y las mujeres. Y segunda, la lista de países para clasificar en el IDH aumentó a 173. Costa Rica se mantiene en su posición original, México baja al lugar 53 y ambos son considerados como alto desarrollo. En la inclusión de países está Nicaragua en el 111 lugar, con un desarrollo humano medio.

Este año toca en forma especial el tema de las “amenazas al medio ambiente” recordando a la humanidad tanto su vulnerabilidad como su necesidad de sobre vivir en común en el planeta frágil. Se insiste en la falta de nuevos modelos de desarrollo humano sostenible:

invertir en el potencial humano y crear un medio ambiente que permita el pleno aprovechamiento de las capacidades humanas.

En 1996 el IDH basándose en los tres indicadores: ***longevidad*** (medida en función de la esperanza de vida al nacer); ***nivel educacional*** (medido en función de una combinación de alfabetización de adultos) y tasa de matriculación combinada en primaria, secundaria y terciaria y ***nivel de vida***, medido por el PIB per cápita real (PPA en dólares). Para el cálculo del índice se establecieron valores mínimos y máximos fijos para cada uno de esos indicadores:

- Esperanza de vida al nacer: 25 años y 85 años.
- Alfabetización de adultos: 0% y 100%
- Tasa de matrícula combinada: 0% y 100%
- PIB per cápita real (PPA en dólares): PPA 100 dólares y PPA 40,000 dólares.

El crecimiento económico registrado en lo que va de ese decenio no tiene precedentes: un rendimiento espectacular en algunos países y regiones, y estancamiento y declinación inauditos en otros.

Desde el punto de vista del desarrollo humano, el crecimiento económico no es un fin en sí mismo. Es un medio para lograr un fin: *augmentar las opciones de la gente*. De esa manera, debe evaluarse por sus efectos sobre la gente. Dar respuestas favorables a las preguntas: ¿Cuánta gente ha experimentado un aumento de su ingreso? ¿Se está acortando la diferencia entre grupos de personas con distintos niveles de ingresos? ¿Qué efectos tiene el crecimiento económico para los pobres? De ahí que el crecimiento mundial del ingreso en ese año comenzó a disminuir muy desigualmente, y la desigualdad aumentó.

El Premio Nóbel de Economía en 1989, Robert M. Slow, acerca de la “Equidad intergeneracional” interroga, Si ¿pero qué ocurre con las injusticias de hoy? : *“Todos parecen concordar ahora en que hay que lograr el desarrollo sostenible. Pero tengo la incómoda sensación de que la mayor parte de esas retóricas acerca del carácter sostenible son tan vagas que carecen de significado, o que sólo se trata insustancial y amable, o tal vez una forma de hacer aceptar solapadamente los proyectos preferidos. No es bueno que “nosotros” estemos bien, o mejoremos, si ello entraña que nuestros descendientes serán mucho más pobres que nosotros. Si el “desarrollo humano” es el objeto básico del crecimiento económico, debe compartirse equitativamente el desarrollo humano entre el presente y el futuro”.*

En el Informe Sobre Desarrollo Humano 1997, beneficiado por la participación de personas y organizaciones, también del asesoramiento y orientación intelectual proporcionados por el Panel Consultivo Externo de eminentes expertos, se examinó “**la pobreza en el mundo**”.

Se concentra no sólo en la pobreza de ingreso: “*La pobreza es más que la pobreza de ingreso; es la denegación de opciones y oportunidades para vivir una vida tolerable*” se contempla que una cuarta parte de la población mundial está sumida en la pobreza severa, paradójicamente en una economía mundial de 25 billones de dólares. Basado en la premisa de que la vida puede abreviarse prematuramente, incluso difícil, dolorosa o riesgosa. Privada de conocimientos y comunicación. Se le puede robar la dignidad, la confianza y el respeto por sí mismo, así como el respeto de los demás. Estos son aspectos de pobreza que limitan y afectan la vida de millones de habitantes del mundo actual. De esta manera el desarrollo humano es un proceso de ampliación de las opciones de la gente así como de elevación del nivel de bienestar logrado: Vivir una vida más larga, sana y creativa y disfrutar de un nivel decente de vida, libertad, dignidad, respeto por sí mismo y de los demás.

Pobreza significa que se denieguen las oportunidades y las opciones más fundamentales del desarrollo humano. La pobreza humana incluye muchos aspectos que no se pueden medir o que no se están midiendo. De ahí que la pobreza de las vidas y las oportunidades —o la pobreza humana— tiene carácter multidimensional y diverso, más bien que un contenido uniforme. Este informe introduce el índice de pobreza humana (IPH).

Clasificación IDH 1997

| País | Clasificación IDH 1997 | Valor IDH 199 |
|---------------|------------------------|---------------|
| Canadá | 1 | 0,960 |
| Francia | 2 | 0,946 |
| Noruega | 3 | 0,943 |
| Costa Rica | 33 | 0,889 |
| México | 50 | 0,853 |
| Nicaragua | 127 | 0,530 |

EL Informe de desarrollo Humano de 1999, destaca “**La mundialización con rostro humano**”, señala que ésta no es nueva pero la era actual tiene características distintivas: El espacio se reduce cada vez más, el tiempo se hace cada vez más breve y las fronteras

desaparecen, vinculando la vida de la gente de manera más profunda, más intensa, más inmediata jamás experimentada.

Generándose también intercambios en los mercados monetarios del mundo de más de 1,5 billones de dólares por día, y se comercializa casi una quinta parte de los bienes y servicios que se producen todos los años. Pero la mundialización es más que la corriente de dinero y de productos, es la interdependencia cada vez mayor de la población mundial. Y la mundialización es un proceso que integra no sólo la economía, sino además la cultura, la tecnología y la estructura de gobierno.

La mundialización es diferente:

- **Mercado nuevos:** mercados de divisas y capitales vinculados a escala mundial, funcionando 24 horas al día, con negocios cerrados a distancia en tiempo real.
- **Instrumentos nuevos:** vínculos de Internet, teléfonos celulares, redes de medios de comunicación.
- **Actores nuevos:** la Organización Mundial del Comercio (OMC), con atribuciones por encima de los gobiernos nacionales, las empresas multinacionales, con más poder económico que muchos Estados, las redes mundiales de organizaciones no gubernamentales (ONG), y otros grupos que trascienden las fronteras nacionales.
- **Nuevas normas:** acuerdos multilaterales sobre comercio, servicios y propiedades intelectuales, con el apoyo de fuertes mecanismos de aplicación y más obligatorias para gobiernos nacionales, que reducen el ámbito de la política nacional.

Maneja la idea que con los mercados mundiales, la tecnología mundial, las ideas mundiales y la solidaridad mundial pueden enriquecer la vida de la gente de todas las partes, ampliando en gran parte las opciones. La interdependencia cada vez mayor de la vida de la gente requiere de valores compartidos y un compromiso compartido con el desarrollo humano de toda la gente.

Por demás importante para Latino América, Centro América y el Caribe, por una parte es el trabajo sobre desarrollo humano realizado por Costa Rica en el documento 'ESTADO DE LA REGIÓN' da el informe de investigación participativa, información oportuna y veraz, análisis objetivo y pluralista para dar seguimiento a los desafíos regionales del desarrollo humano. Y por el otro, Nicaragua realizó su informe con las principales dimensiones del desarrollo humano y

las oportunidades brindadas a los y las nicaragüenses. El documento que lanza es “EL DESARROLLO HUMANO EN NICARAGUA 2000: Equidad para superar la vulnerabilidad”.

El Informe de Desarrollo Humano del 2001 refiera a las redes tecnológicas que están transformado la configuración tradicional del desarrollo, ampliando los horizontes de la gente y creando el potencial necesario para plasmar en un decenio lo que el pasado insumió varias generaciones. Por lo que destaca **“Poner el Adelanto Tecnológico al Servicio del Desarrollo Humano.”**

Refiere por una parte, que el desarrollo y la tecnología suelen tener una relación inestable en los círculos del desarrollo sustentable. Con frecuencia caemos en el error de que los impulsores de la tecnología promueven arreglos costosos e inapropiados por no tomar en cuenta la realidad del desarrollo. Se tiene la creencia de que una pócima tecnológica puede “resolver” la mala salud o el fracaso económico en un país. Además que la tecnología refleja escaso entendimiento de la realidad de la pobreza. Y por otra parte, si el mundo y las comunidades en desarrollo desconocen la explosión de innovaciones tecnológicas en alimentos, medicamentos e información, corren el riesgo de marginarse y de negar a los países en desarrollo oportunidades que, si se controlan de manera efectiva, pueden transformar la vida de los pobres y ofrecer oportunidades novedosas o más prácticas.

Con frecuencia los que menos tienen, tienen menos que temer del futuro y, desde luego, sus gobernantes están menos interesados y empeñados en la tecnología. Por lo tanto, estos países están más inclinados a adoptar innovaciones tecnológicas tales como el cambio del revolucionado sistema telefónico, incluso basados en Internet, o bien, el uso de cultivos nuevos sin un sistema agrícola probado científicamente.

Así pues con el uso de la Internet, el adelanto de la biotecnología agrícola y las nuevas generaciones de productos farmacéuticos que llegan al mercado globalizado, también ha llegado el momento de formar una nueva alianza entre tecnología y el desarrollo. Una alianza cuyo objeto sea servir a la política pública y prevea que la tecnología no se apropie del desarrollo, sino que en su lugar dimensiona los posibles beneficios tecnológicos en una estrategia de desarrollo en bienestar de los pobres.

TELÓN DE FONDO

En México, el titular de la Semarnat reconoce que empezamos hace muy poco a tomar en serio los impactos ambientales del desarrollo económico y de nuestro atraso social.

Lo que se preveía en Estocolmo y Río de Janeiro de que las futuras generaciones tendrían un menor potencial de desarrollo y bienestar si no se lograba el desarrollo sustentable, ya ha sucedido. El futuro nos ha alcanzado. Las generaciones futuras de las que se hablaba entonces somos nosotros. La degradación ambiental y depredación de los recursos naturales están incrementando rápidamente los costos para un progreso económico viable.

La pobreza, la escasez y contaminación del agua y la constante pérdida de nuestra diversidad biológica, de nuestro suelo fértil y de nuestros bosques y selvas, se han convertido en costos y obstáculos para el progreso y el avance de nuestra nación.

Johannesburgo será el primer esfuerzo de la humanidad en el siglo XXI por asumir la globalidad del desarrollo y crear una Agenda efectiva que integre sustentablemente la economía, la sociedad y el medio ambiente.

El Vaticano como Estado, va a la Cumbre de Johannesburgo: “*No hay paz sin defensa del ambiente*”, dice el secretario del Consejo Pontificio para la Justicia y la Paz. (Agosto 25/ 2002 ZENIT.org). No puede haber paz sin defensa del ambiente, pues la defensa de la Creación es indispensable para el desarrollo integral. La Santa Sede subraya la relación entre ambiente y desarrollo, sobre todo en referencia a la cuestión de **la pobreza**: “la pobreza hoy en el mundo es el auténtico problema que tiene rasgos dramáticos”.

El mundo actual cuenta con 1.300 millones de personas que viven en extremo. El adjetivo “**extremo**” tiene un significado muy concreto: se refiere a personas que tienen una esperanza de vida inferior a los 40 años, que no gozan de ningún servicio, que no tienen ningún nivel de escolarización. A estos 1.300 millones de personas, hay que añadir 3.000 millones de pobres. Eso, explica, «al afrontar las cuestiones ambientales, la Santa Sede en los organismos internacionales tiende sobre todo a salvaguardar dos instancias: la de la paz y la justicia internacional, por un lado; y la promoción de los pueblos menos desarrollados, por otro». Esto requiere un replanteamiento del modelo de desarrollo seguido por los países occidentales ricos, que de manera cada vez más evidente es un modelo insostenible».

HACIA UNA AGRICULTURA ALTERNATIVA

El impacto de la tecnología de producción agrícola basada en los principios de la denominada *revolución verde*, ha sido menos notoria, pero la difusión de los métodos científicos y tecnológicos involucrados facilitaron el mejoramiento promedio de algunos cultivos, sin embargo también es cierto que esta estrategia no logró superar otros graves problemas hacia los que estaba dirigida, particularmente aquellos de carácter socio económico, que en muchos de los casos se acentuaron e incluso aparecieron otros como consecuencia de efectos adversos no previstos especialmente en el nivel ecológico: contaminación de aguas y de alimentos, degradación de suelos y pérdida de flora y fauna, como consecuencia de la sustitución de complejos y variados ecosistemas por extensos monocultivos, a lo que se suman una serie de graves afecciones en la salud de los productores y técnicos del sector agrícola, como de los consumidores finales de productos procedentes del campo.

En estas circunstancias comenzó a surgir una nueva corriente para la práctica de una Agricultura Alternativa, cimentada en el concepto de la sustentabilidad de los ecosistemas productivos (agrícolas y forestales), que enfatiza en uso racional de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos y lógicamente excluyendo en lo posible el uso de agroquímicos de síntesis.

El tipo de Agricultura Alternativa al que nos estamos refiriendo, comienza a tomar cuerpo en todo el mundo, bajo diferentes denominaciones: Agroecología, Agricultura Ecológicamente Apropiable, Agricultura Orgánica (América Latina y Estados Unidos de Norteamérica), Ecológica o Biológica (Comunidad Europea y Asia); siempre con el común denominador de tratar a la naturaleza con el respeto que se merece, porque representa significativamente la reconciliación del hombre con ella, no solo deseable, sino que se ha convertido en una necesidad. Por lo anterior habremos de considerar a la Agricultura Orgánica implícitamente Sustentable, además si agregamos que es la resultante de combinar los conocimientos agrícolas de nuestros ancestros, con los más recientes avances de la ciencia y la tecnología: Ecología, Microbiología, Biotecnología y lógicamente Agronomía; gestándose en un proceso de interacción que involucra a técnicos y productores, para de esta manera generar una Agricultura acorde a nuestras particularidades ecológicas, económicas y socioculturales, que responda a objetivos tales como:

-
- a) Producción suficiente de alimentos de calidad natural, es decir, correcto equilibrio de los elementos nutritivos que los componen, sin residuos de sustancias químicas ajenas a los ciclos naturales, que tengan un buen sabor y estén en posesión de una elevada vitalidad.
 - b) Máxima conservación de recursos naturales, mediante la creación de sistemas agrícolas estables altamente diversificados, no contaminantes y que respeten la vida.
 - c) Conservación de los recursos naturales, como la vida silvestre, la tierra cultivable y su fertilidad, el agua continental, los combustibles fósiles, los materiales utilizados como abono, las especies y variedades autóctonas de plantas cultivadas, animales domésticos, etc.
 - d) No-utilización de productos tóxicos o contaminantes, como plaguicidas y fertilizantes químicos de síntesis, aditivos alimentarios no naturales, etc.
 - e) Utilización óptima y equilibrada de los recursos locales a través del reciclado de la materia orgánica (estiércoles, residuos de cosechas y de la agroindustria, basuras biodegradables de origen doméstico-urbano, etc.), de las energías renovables, la autosuficiencia, etc.
 - f) Empleo de técnicas que: cooperen con la naturaleza en lugar de tratar de dominarla; que sean compatibles con el desarrollo de la creatividad del hombre y que exijan poco capital para que estén al alcance de todos.
 - g) Reducción del transporte y los períodos de almacenamiento mediante canales de comercialización que aproximen a los productores y consumidores entre sí, promuevan el consumo de productos locales, frescos y de temporada.
 - h) Permitir que el agricultor viva de su trabajo, asegurándole un rendimiento suficiente para satisfacer tanto sus necesidades materiales como espirituales.

LA AGRICULTURA ORGÁNICA, EL ADELANTO TECNOLÓGICO AL SERVICIO DEL DESARROLLO HUMANO.

Distingo dos tipos de productores en nuestra región: los que tienen tierras aptas, los pozos con agua de bombeo (un solo productor controla más de 120 en la Comarca Lagunera) y los medios para adoptar el modelo tecnológico legado por la revolución verde y producir en grandes volúmenes y, en el otro, los campesinos, dueños de pequeñas parcelas, con tierras poco aptas, producen volúmenes relativamente reducidos, sin asignación de créditos para actividades agrícolas y son de temporal o agua rodada.

A los primeros, el gobierno les ve futuro en el nuevo mercado de libre comercio y les proporciona asesoría técnica, créditos y otros apoyos. Pero a los segundos no les ve futuro como productores. Los arquitectos de estas políticas colaterales al TLC sostienen que sus programas premiarán la eficiencia y traerá como resultado la modernización de la agricultura mexicana.

Pero esta solución solo ofrece opción a muy pocos. Los beneficiarios potenciales de las nuevas políticas serían un máximo de 700 mil productores en unos 2.9 millones de hectáreas del país consideradas aptas para la tecnología agrícola industrial. Se estima que solamente el 12% de las tierras agrícolas de México reúnen estas condiciones. En cambio, los 5 millones de campesinos que trabajan más de cuatro millones de hectáreas no cuentan con un programa del gobierno para mejorar la producción y comercialización de sus productos. Las políticas agropecuarias del actual régimen no ofrecen nada para la mayor parte del campo mexicano. Algunos de estos campesinos han decidido buscar sus propias soluciones mediante la agricultura orgánica.

La Agricultura Orgánica emplea gran variedad de opciones tecnológicas con el empeño de reducir y hacer recuperables los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y la calidad del ambiente, a la vez que intensifican las interacciones biológicas y los procesos naturales beneficiosos.

A través de estos sistemas y métodos se trata de minimizar la dependencia del abasto exterior de insumos y optimizar el uso de los recursos propios en la producción, presentándose como un camino mucho más compatible con las realidades edafoclimáticas y socioeconómicas de México. No obstante, el paso hacia una Agricultura Sustentable requiere de un apoyo fuerte

a la **investigación, la enseñanza y la educación**, deficiente aún en nuestro sistema económico y productivo, al igual que en la mayoría de Latino América.

La Agricultura Orgánica, no es una agricultura de recetas, sino más bien una agricultura que se desarrolla a partir de un entendimiento cabal entre el **Ser Humano** y **la naturaleza**, aparece como una alternativa a la agricultura convencional (a base de agroquímicos) y su propuesta tecnológica la puedo resumir en tres momentos (1º. Y 2º. FAZ-UJED. 2000):

1) El mejoramiento de la fertilidad del suelo

Propone alimentar a los microorganismos del suelo, y estos a su vez de manera indirecta alimenten a las plantas mediante la incorporación al suelo de desechos vegetales y animales reciclados (sólidos y líquidos): abonos verdes, con énfasis en las leguminosas inoculadas con bacterias fijadoras de Nitrógeno (*Rhizobium*), estiércoles de animales, residuos de la agroindustria, desechos urbanos compostados o fermentados, lombricompostos (humus de lombríz); abonos verdes, inoculación de bacterias de fijación libre de Nitrógeno (*Azotobacter* y *Azoospirillum*), hongos micorrizógenos, aplicaciones de fitoestimulantes de origen orgánico ricos en fitohormonas, enzimas y aminoácidos, aplicación complementaria de polvo de rocas minerales (fosfatadas, carbonatadas, azufradas, etc.), y microelementos.

2) El Manejo de Insectos Plaga, Enfermedades y Malezas de los Cultivos

Tanto para mantener la vida del suelo, como para propiciar un Manejo Integral de insectos Plaga, enfermedades y malezas de los cultivos, la Agricultura Orgánica propone la conservación del principio de la biodiversidad y del mantenimiento de la fertilidad del suelo a través de la implementación de agroecosistemas altamente diversificados, donde se incluyen plantas compañeras y/o repelentes, muchas de ellas con principios alelopáticos, cultivos asociados, planes de rotación de cultivos, así como el uso de insectos benéficos (predadores y parasitoides), nemátodos, agentes microbiológicos entomopatógenos, nematógenos y antagonicos (hongos, virus, bacterias, rickettsias), insecticidas y fungicidas de origen botánico, permitiendo la utilización de algunos elementos minerales puros como: azufre, cobre, cal, oligoelementos, de manera que ello contribuya a conservar el equilibrio de los agroecosistemas, manteniendo la actividad biológica del suelo, fortaleciendo los tejidos de las plantas para que soporten los ataques de los insectos plaga y de los patógenos, regulando sus poblaciones, para que se mantengan en niveles que no hagan daño a los cultivos, como también no afecten al humano consumidor.

Observa las leyes que regulan la estructura y funcionamiento de la naturaleza y no en contra de ella. Considera que la naturaleza es compleja y, por tanto, se deben considerar las combinaciones correctas de cultivos, árboles, especies animales y prácticas del ser humano en el manejo de suelo que posibiliten mantener la estabilidad del sistema de producción.

3) La Agricultura Orgánica en una visión holística de la agricultura.

Toma en cuenta no solo los aspectos puramente técnicos del proceso productivo, sino que también le preocupa la situación **social** y **económica** de quienes están involucrados en su práctica, pues además de producir alimentos sanos y suficientes para satisfacer las demandas alimentarias del productor, de su familia y de los mercados, debe tratar de manera justa a quienes laboran dentro de las áreas productivas, proporcionando las seguridades necesarias para que las labores del campo se desarrollen en un marco de seguridad, dignidad y equidad, al tiempo que se proporcionan salarios adecuados.

Culturalmente es importante señalar que la revalorización y potenciación de aspectos tecnológicos de nuestros abuelos, cobra singular importancia, de ahí que la generación de tecnologías para la producción orgánica de cultivos debe tener en cuenta la activa participación de los agricultores, tanto como informantes y actores del proceso de investigación y validación tecnológica. Tal es el caso de La Unión de Productores **“Maya Vinic”** nace dentro de la sociedad civil denominada “Las Abejas”.

Se estableció para que se fortaleciera la autonomía comunitaria, mejorando las condiciones de producción y comercialización de los productos agrícolas, comenzando por el café, para posteriormente lograrlo con otros. Maya Vinic es el nombre de la Sociedad Cooperativa de productores de café de más de 700 socios en 36 comunidades de los municipios de Chenalhó, Pantelhó y Chalchihuitán, en los altos de Chiapas, que se organizaron y trabajaron inspirados en sus antepasados.

Vieron la oportunidad de ofrecer un café de buena calidad, para que el cliente o consumidor pague un precio justo por un café trabajado por un campesino, quien lo sembró, cuidó y cosechó con dignidad, fruto de su propio esfuerzo, de su familia y de sus hijos.

Característica del modelo de producción:

| | | |
|---------------------------|--|----------------------|
| Altura de los cafetales: | Entre 900 y 1,400 m.s.n.m. | |
| Tipo de café: | Árabe (arábiga o typica) prima lavado y altura. Variedades Caturra y Mundo Novo. | |
| Técnica de producción: | Agricultura Orgánica. No se utilizan agroquímicos en ningún momento de la producción. Uso de Composta, fertilización orgánica, barreras vivas y muertas, etc. | |
| Características del café: | Acidez: | Pronunciada y media. |
| | Aroma: | Completo. |
| | Sabor: | Pronunciado. |
| | Cuerpo: | Fuerte. |
| | Tamaño del grano: | Mediano a grande. |

Resumiendo, podemos decir que el objetivo principal es “Producir café orgánico de calidad y comercializarlo en forma directa, sin intermediarios. Producir productos sanos para autoconsumo. Trabajar la tierra con prácticas ecológicas, para evitar la erosión y conservar el medio ambiente, (sin la aplicación de insumos químicos). Obtener mejores condiciones de vida familiar, a través de un nuevo modo de ser y trabajar”.

Hoy más que nunca México, nuestros hermanos mexicanos necesitan que demos respuestas tangibles, los que de una forma hemos sido privilegiados por una formación profesional, tenemos un compromiso con ellos; investigar, transmitir y extender el conocimiento y logros y educar.

A MANERA DE CONCLUSIÓN.

Datos de la ONU, que considero aún inexactos, reconocen y registran menos migrantes que los que se van. Aún así tenemos un saldo neto de 3 millones de personas perdidas en la última década. El resultado se obtiene después de restar las personas que ganó nuestro país, las que llegaron de otros lugares, y estamos hablando sólo de la inmigración que se contabiliza. Cada año aprehenden en la frontera norte a más de un millón de personas que intentan cruzar buscando mejor calidad de vida en EU. Más que un muro de lámina, el dique que necesitamos es el de **la educación**.

Transferir los resultados de la ciencia y la tecnología a la satisfacción de las necesidades de nuestros hermanos mexicanos. Llevar a la realidad de México los beneficios de la investigación, creo que solamente así se podrá **“Poner el Adelanto Tecnológico al Servicio del Desarrollo Humano.”**

Es difícil romper malos hábitos, pero requerimos del aprendizaje acelerado en este ambiente globalizado, tan exigente de respuestas y tan retador, que causa adicción. Es apasionante el proceso, nos invita a *desaprender* para *aprender* de nuevo y percibir cómo el modelo de educación industrial y bancario es sustituido por el de la educación personal, a la medida de las necesidades, el que hace que cada quien aprenda como le sea más fácil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Desarrollo Humano: Informe 1990. Publicado por el PNUD. Tercer Mundo Editores Bogotá – Colombia 1991
- Informe Sobre Desarrollo Humano 1993. CIDEAL. Madrid, 1993. Contribución Especial de Robert M. Solow (premio Nobel de Economía en 1989)
- Sen, Amartya K. (1990) “More than 100 Millon Women Are Missing” New York Review of Books.
- Informe sobre Desarrollo Humano 2001. <http://www.undp.org/hdr2001/spanish/>
www.ZENIT.com
- FAZ-UJED. 2000. Apunte y material recopilado durante el período de formación en el Doctorado: Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas. Cátedras del: Ph.D. Gregorio Núñez “Agricultura Orgánica” y Ph.D. Urbano Nava Camberos “Manejo Integrado de Plagas” y Ph.D, Florencio Jiménez Díaz

CAPITULO II

APLICACIÓN, MANEJO Y DESCOMPOSICIÓN DEL ESTIÉRCOL DE GANADO BOVINO

Ph.D. Enrique Salazar Sosa¹, Cirilo Vázquez Vázquez¹, M.C. Héctor Idilio Trejo Escareño², M.C. Oscar Rivera Olivas²,

¹ Profesor Investigador de la división de Estudios de Posgrado de la FAZ-UJED.

² Alumno de la división de Estudios de Posgrado de la FAZ-UJED..

Introducción

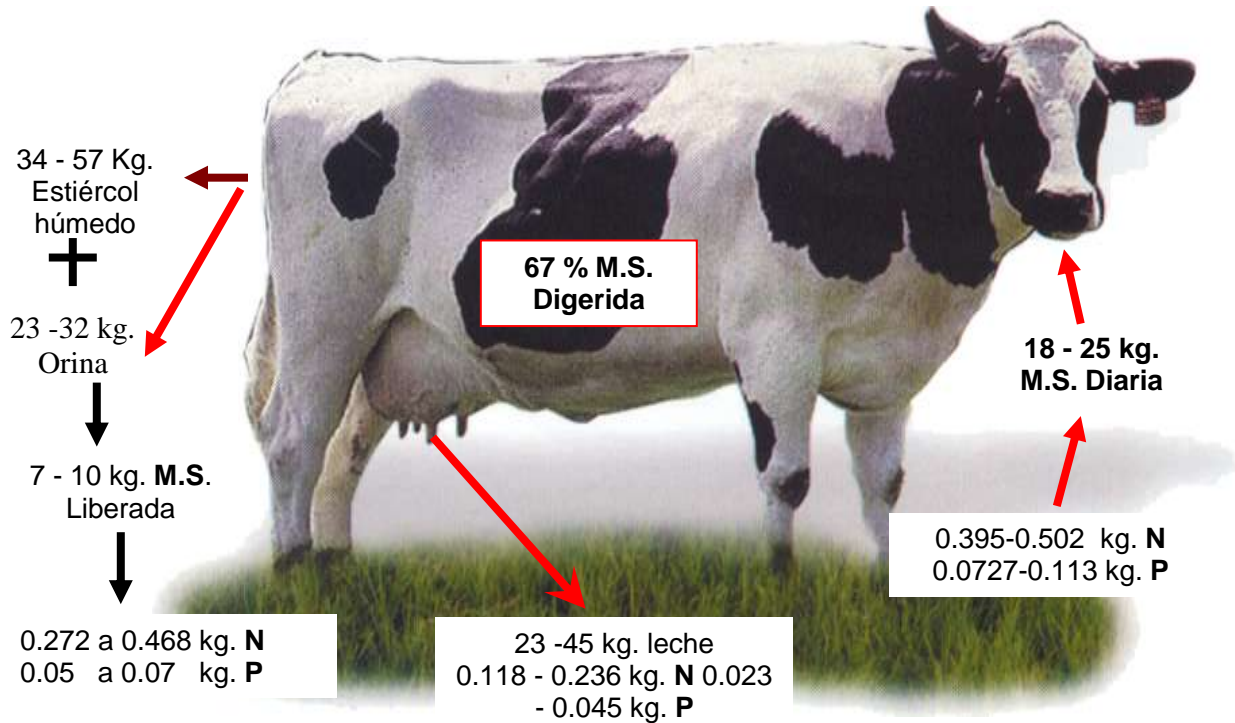
El suelo contiene elementos cuyo ciclo es totalmente biológico, como son el nitrógeno (N) y el azufre (S), los cuales mediante la aplicación de estiércol incrementan su disponibilidad a formas inorgánicas y aprovechables para la planta y a los microorganismos del suelo.

Cuando se aplican abonos orgánicos al suelo y específicamente estiércol de ganado bovino, primeramente es importante tener en mente un balance sobre las entradas y salidas en una unidad animal (vaca en producción) de materia seca (M.S.) y algunos nutrimentos importantes en el desarrollo de los cultivos como son; el nitrógeno y el fósforo (P). Para éste caso se presenta un ejemplo en la figura 1, sobre la cantidad de materia seca diaria que consume un animal en producción, así como su respectiva cantidad de nitrógeno y fósforo, posteriormente lo que se desecha en forma de estiércol húmedo, orina, M.S., N y P ; así como, la cantidad de leche producida y su concentración de N-P.

De los 18 a 25 kg que se consumen de M.S. diaria se producen de 34 a 57 kg de estiércol húmedo, de 7 a 10 kg de M.S., de 0.27 a 0.46 kg de N y 0.05 a 0.07 kg de P.

Estas entradas y salidas permiten calcular y llevar acabo un balance de lo que realmente está quedando de estiércol por un animal en producción (VANHORN, et al. 1998.)

En la comarca lagunera se tienen mas de 400 000 cabezas de ganado bovino con cerca de 200 000 en producción. Algo muy similar ocurre en ganado caprino (Figura 2) con una producción de M.S. de estiércol diaria de 3 a 4 kg para ganado en engorda y lechero; lo que repercute solamente en ganado lechero en mas de 1 millón de kg de estiércol seco por día.(Tabla 1).



VANHORN, H.H. et al. 1998

Figura 1. Entradas y salidas diarias de materia seca, nitrógeno y fósforo para una vaca en producción

Lo anterior resalta la importancia y/o necesidad de llevar acabo un balance salino, calidad del suelo, etc, en los predios donde se aplica estiércol, desde luego dosificando y manejando adecuadamente este desecho animal no solo en la laguna sino a nivel país. Debido a que el estiércol presenta una alta capacidad de intercambio cationico, a medida que se va descomponiendo o biodegradando en el suelo se van liberando iones los cuales afectan su fertilidad natural (calidad), pero también afectan el grado de salinidad y sodicidad. Esto puede repercutir en una desventaja y puede llegar a tener efectos directos en la calidad del suelo, los cuales repercuten en un decremento en la producción y productividad de los cultivos que ahí se siembren.

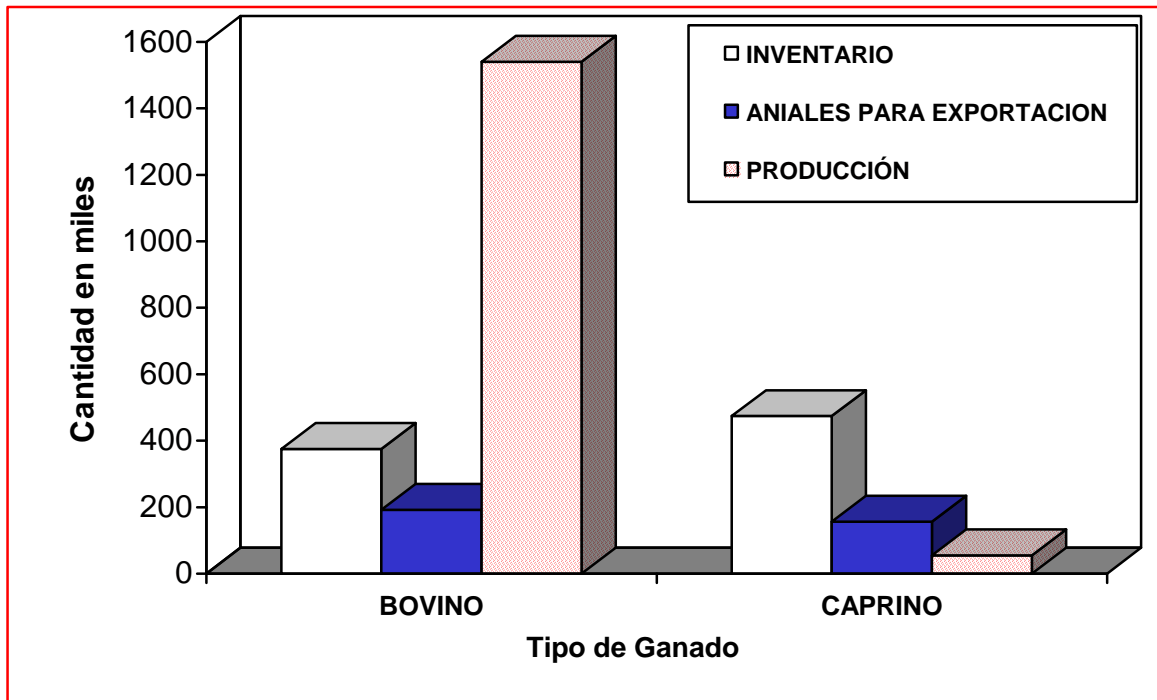


Figura 2. Inventario de ganado y producción de estiércol por especie.

Cuadro 1. producción de estiércol para diferentes tipos de especies domesticas en la comarca lagunera

| Tipo de ganado | Producción de estiércol / día | Producción estimada |
|-------------------|-------------------------------|---|
| Ganado de engorda | 3 a 4 kg / vaca / día | Para 1998 se estimaban 500 000 toneladas por año |
| Ganado lechero | 3 a 4 kg / vaca / día | |
| Gallinas | 40 g / ave / día | |
| Pollos de engorda | 17 g / ave / día | |

Objetivo principal

Presentar estrategias de aplicación, manejo, descomposición y/o biodegradación y aprovechamiento del estiércol en los suelos de la Comarca Lagunera y de otras áreas.

Aplicación y almacenamiento del estiércol.

El estiércol se puede manipular de diferentes maneras; ya sea aplicarlo directamente al suelo o almacenarlo para su utilización posterior.

Básicamente existen dos formas de aplicación del estiércol; forma directa y el uso de espolvoreadoras (figuras 3 y 4). En forma directa es la más común utilizada en la Laguna con una distribución no uniforme en el terreno y con manchones muy marcados de altas cantidades de estiércol, lo que repercutirá a futuro con una distribución no uniforme de nutrientes y desde luego se afecta la producción de cultivos que en esas áreas se siembren. El uso de espolvoreadoras, las cuales por su costo principalmente, su utilización es menos común, sin embargo estas permiten distribuir el estiércol de una manera más homogénea.



Figura 3. Aplicación directa de estiércol



Figura 4. Uso de espolvoreadoras de estiércol

Descomposición y/o biodegradación del estiércol.

Algunas de las estructuras orgánicas con diferentes grados de biodegradación del estiércol son: La celulosa (Figura 6), emicelulosa, almidón, quitina, lignina (Figura 5) 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 así como por los propios microorganismos otra vez (Figura 7).

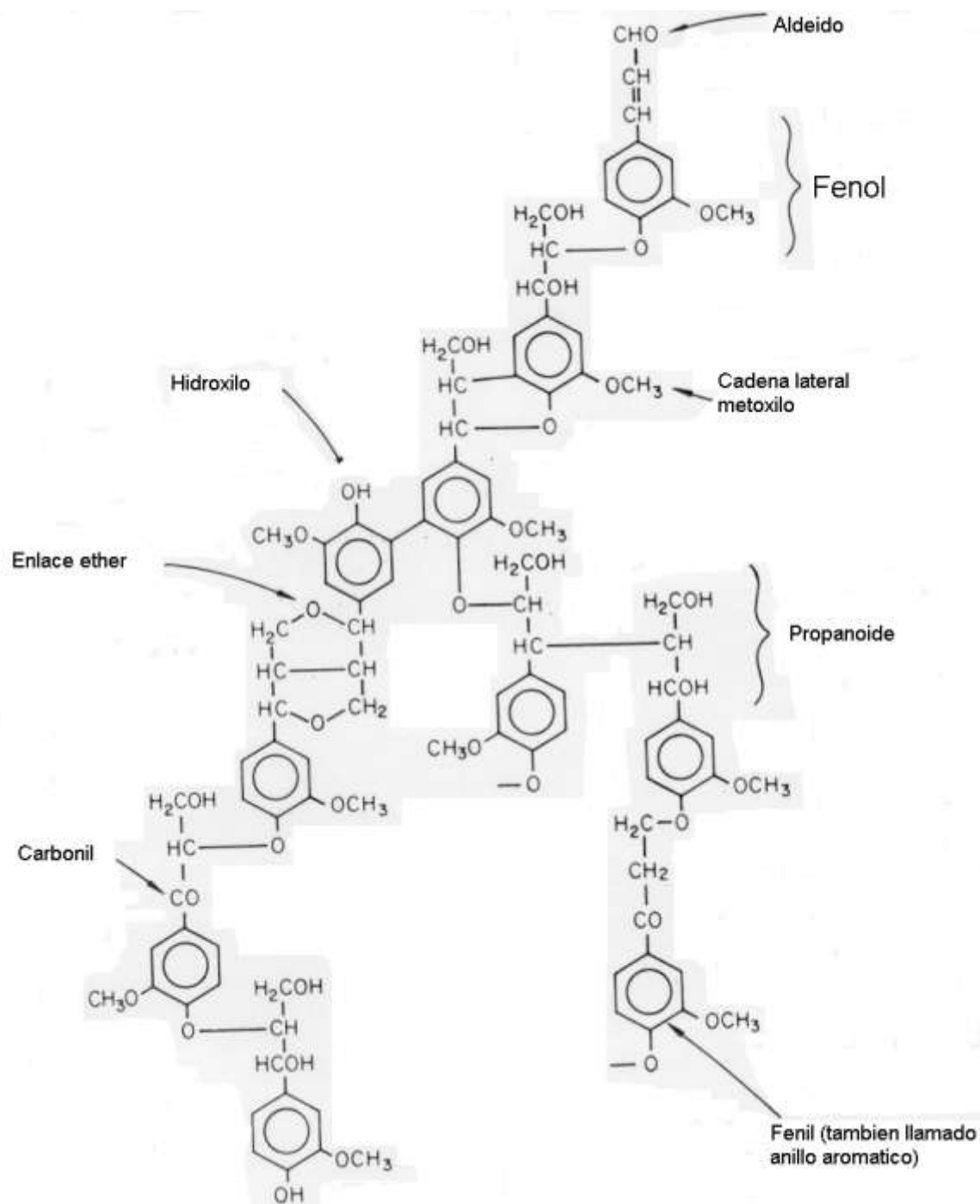


Figura 5. Estructura de la Lignina

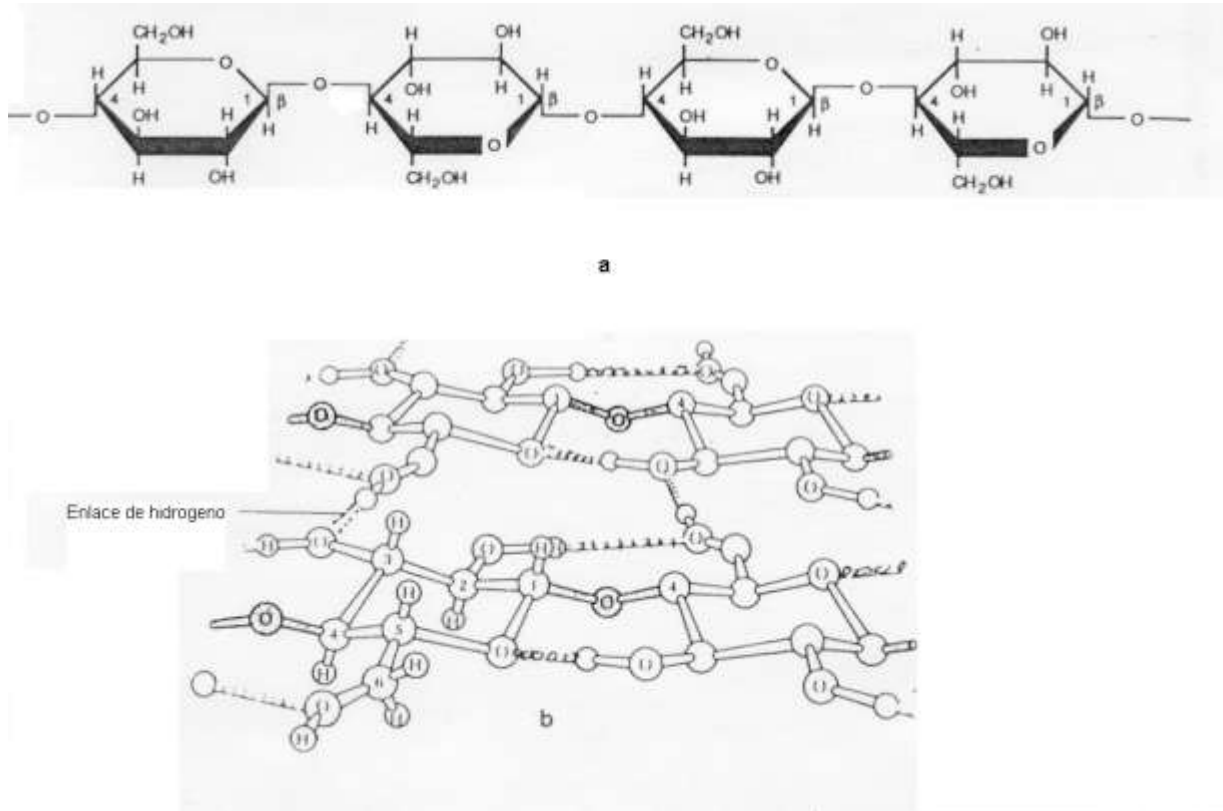


Figura 6. Estructura de la Celulosa.

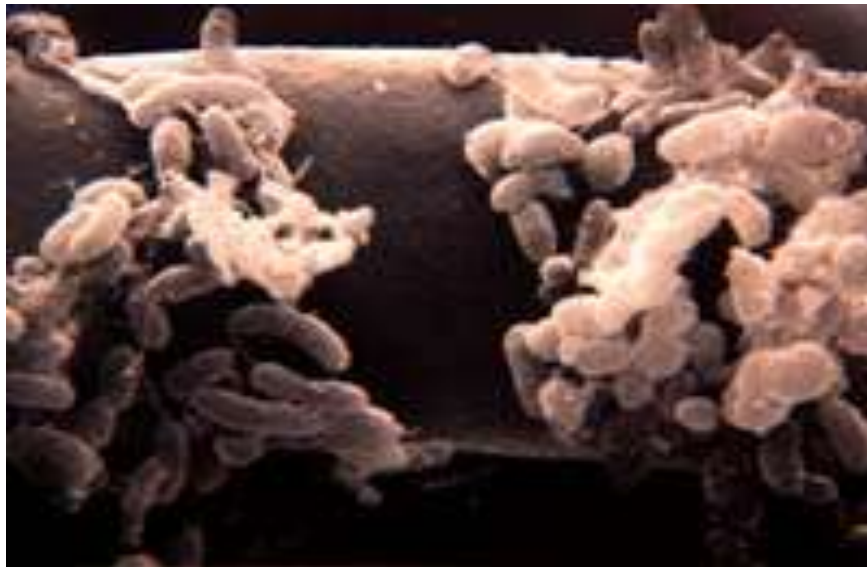


Figura 7. Microorganismos en la raíz de la planta

Dada la variación climática de cada región, la complejidad y heterogeneidad del suelo, principalmente en cuanto a sus horizontes, características físicas, químicas y biológicas. (Lo cual repercute en el grado de descomposición de la materia orgánica del suelo por localidad); se debe buscar las dosis mas adecuadas de cualquier producto orgánico que se aplique al suelo a nivel in-situ o a nivel regional, ya que esta es determinante en la producción agrícola, protección y/o posible contaminación del medio ambiente, etc. Lógicamente para encontrar la dosis mas adecuada de estiércol en este caso para la región lagunera, es extremadamente importante llevar acabo investigación a largo plazo, utilizando diferentes cantidades por unidad de superficie, dado los diferentes tipos de suelo que existen (Figura 8), así como las necesidades nutricionales de los diferentes cultivos y todavía mas aún la variabilidad y complejidad de un mismo tipo de suelo en un sitio reducido (por ejemplo 5 has). Además no todo el estiércol aplicado en un año se biodegrada en ese periodo, principalmente debido a la resistencia de algunos materiales como la lignina al proceso de biodegradación, ya que estos resisten la actividad enzimática de algunos microorganismos como las bacterias y los actinomicetos. Por lo que no es posible en un corto plazo dosificar el estiércol (Paull and Clark, 1989; Salazar *et al.* 1998 a , Salazar *et al.* 1998 b).

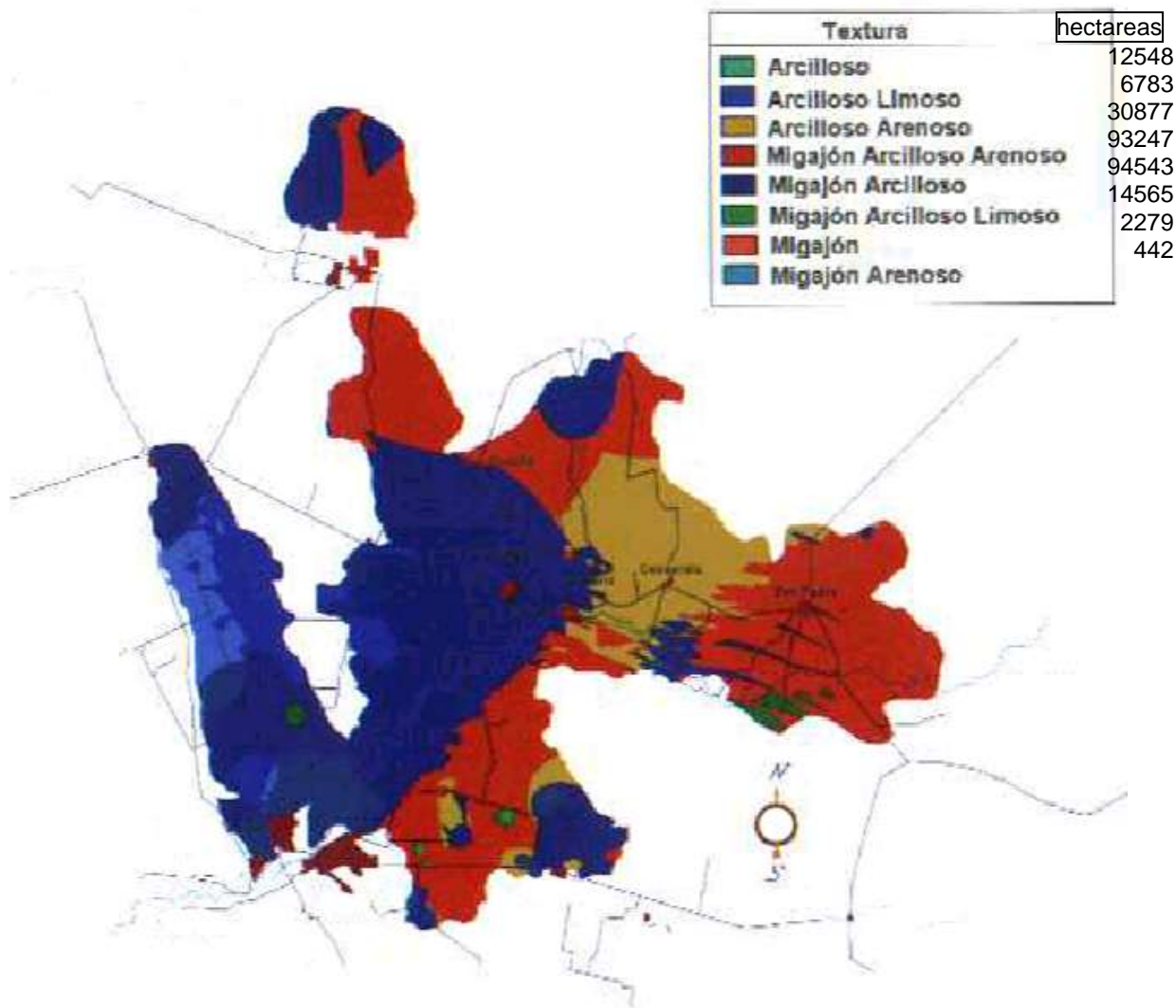


Figura 8. Clasificación textural de los suelos de la comarca lagunera

Almacenamiento del estiércol

El estiércol se puede almacenar en estructuras llamadas estercoleros, los cuales los protegen del proceso de transformación y a la vez permiten la utilización integral del mismo, ya que otras formas de manejo como el redileo, en fresco, en capa delgada y el establo libre no protegen el estiércol de los elementos climáticos. Cuatro tipos de estercoleros serán descritas en esta publicación los cuales son los siguientes.

Estercolero tipo I

Inclinados hacia una canaleta conectada con una forma receptora de la fracción líquida del estiércol, bardas a los lados y al fondo, un techo y canales exteriores para impedir la penetración de agua de lluvia. Los muros tendrán una altura de 80 cm, el piso tendrá una pendiente de 4% mientras que la canaleta tendrá un 5%, la fosa es un cubo de 80 cm de lado, las columnas se colocarán cada 3 m a ambos lados y tendrán 2.5 m y 2.2 m para que al colocar el techo haya suficiente corriente; para el armazón del techo se colocaran vigas a lo largo del estercolero apoyadas en las columnas y perpendiculares a ellas largueros cada 2 m; sobre los largueros se pondrán cintas de madera de 50 cm paralelas a las vigas y sobre las cintas el material que cubrirá el estercolero (paja, lamina, teja, etc). Con esto se protege al estiércol de la variación climática, principalmente la lluvia (Figura 9)

Estercolero tipo II

Consiste en una superficie plana de preferencia impermeable en la cual se deposita el estiércol, el cual se maneja mecánica o manualmente, volteándose y formando pilas para favorecer su fermentación y secado, (Figura 10).

Las pilas tienen las mismas dimensiones que las estercolero tipo I y con excepción del fondo y largo que es de 10 metros por lo cual cada pila tiene un volumen de almacenaje de 42.5 m^3 , suficientes para procesar la producción de estiércol en tres meses, de 18 unidades bovino adulto.

Estercolero tipo III

Consiste en bordos de tierra colocados en tal forma que los escurrimientos de agua de lluvia no penetren. En época de lluvia se cubre el estiércol con polietileno u otro material impermeable. (Figura 11).

La superficie que ocupa la pila es de 6 m^2 por lo tanto cada bovino adulto requiere de 1.7 m^2 para procesar su producción de estiércol de 3 meses. En este caso se multiplica el número de unidades bovino adulto por 1.7 m^2 y se obtiene la superficie, a esta se la agregan dos metros a la entrada y uno a los lados y al fondo para formar el borde.

Estercolero tipo IV

Consiste en una zanja de 2 m de profundidad donde se deposita en estiércol en capas para favorecer su descomposición homogénea. Una vez llenado hasta 1.7 m, se cubre con tierra. (Figura 12).

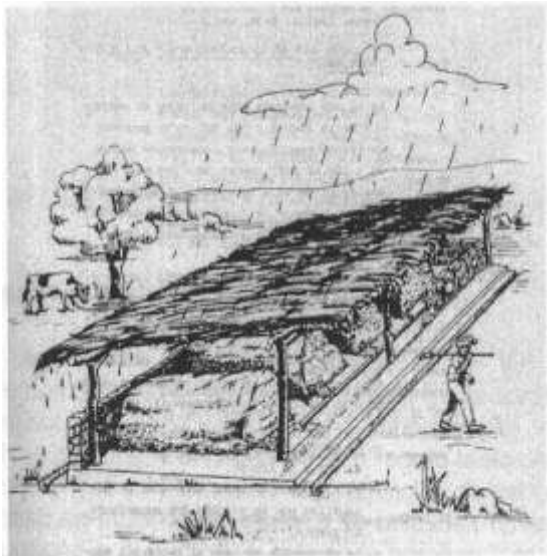


Figura. 9. Estercolero tipo I

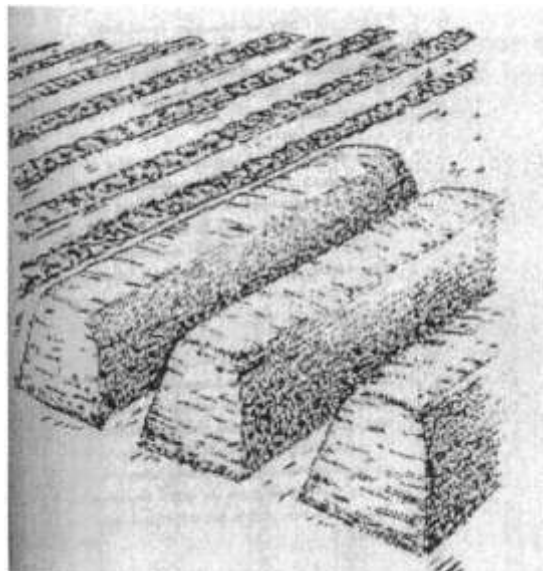


Figura. 10. Estercolero tipo II

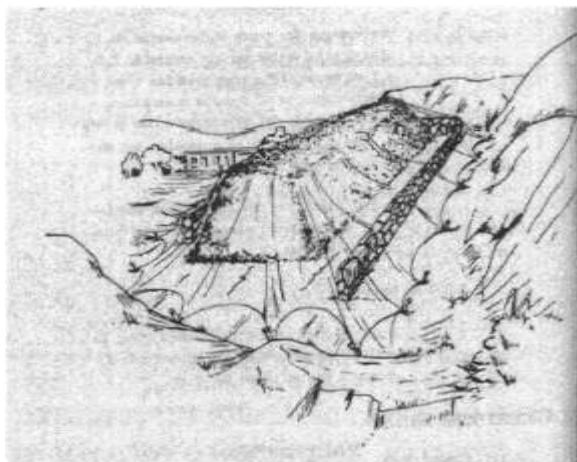


Figura. 11. Estercolero tipo III

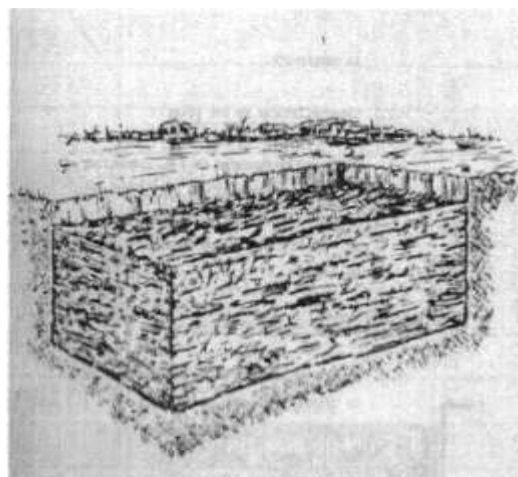


Figura 12. Estercolero tipo IV

Resultados Experimentales.

Los resultados de investigación en suelos de la región y otras partes de Estados Unidos de América, claramente indican la influencia del estiércol en las características físicas y químicas del suelo entre otras. El cuadro 2 muestra como la materia orgánica y la conductividad eléctrica del suelo aumentan y la densidad aparente disminuye al aumentar la cantidad de estiércol (en toneladas por hectárea).

| Cuadro 2. Propiedades físicas de un suelo migajón arcilloso de la serie pullman debido a la adición de estiércol (adaptado de Mathers y Stewart, 1981) | | | | |
|--|------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|
| CANTIDAD | NUMERO DE APLICACIONES | MATERIA ORGANICA % | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dSm ⁻¹ | DENSIDAD APARENTE gcm ⁻³ |
| 0 | 0 | 2.0 | 1.0 | 1.35 |
| 27 | 9 | 3.2 | 4.9 | 1.31 |
| 67 | 9 | 4.5 | 1.6 | 1.30 |
| 134 | 5 | 3.1 | 2.2 | 1.33 |
| 268 | 5 | 4.8 | 7.3 | 1.22 |

Es importante considerar que la fertilidad natural del suelo también se ve afectada por la aplicación de estiércoles. El cuadro 3 muestra como diferentes tipos de estiércoles de diferente origen animal contienen diferentes concentraciones de sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺). Esto desde luego que incrementa el contenido de sales en el suelo con lo cual un cuidado en detalle se debe de tener para evitar que la concentración de sales no rebase los límites permisibles, para cada cultivo, así como dado un incremento de la materia orgánica (M.O.) evitar una sobreproducción de nitrógeno mineral que pueda repercutir o afectar la calidad del suelo (Kenney y Nelson, 1982; Paustian *et al.* 1992 Christensen *et al.* 1994).

| Cuadro 3. Concentración de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en diferentes lotes de suministro | | | | | |
|--|-----|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| ORIGEN DEL ESTIÉRCOL | | CONCENTRACIÓN | | | |
| | | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ |
| | | -----%----- | | | |
| LOTE DE GANADO BOVINO DE CARNE | | | | | |
| NEBRASKA | | 0.10 | 0.46 | 0.26 | 0.17 |
| KANSAS | | 0.23 | 1.09 | 0.78 | 0.39 |
| TEXAS | | 1.13 | 2.29 | 1.98 | 0.76 |
| SUROESTE ARIDO | | 1.84 | 1.12 | 2.80 | 1.53 |
| LOTE DE GANADO BOVINO DE LECHE | | | | | |
| CALIFORNIA | | 0.40 | 1.72 | 1.93 | 0.86 |
| ESTIÉRCOL DE CORRAL | | | | | |
| GEORGIA | | 0.40 | 1.51 | 1.55 | 0.35 |
| LOTE DE GANADO VACUNO | | | | | |
| | | -----meq L ⁻¹ ----- | | | |
| BUSHLAND, TEXAS | | | 34 | 22 | 17 |
| PRATT, KANSAS | | | 10 | 13 | 8 |
| | pH | | | | |
| COMARCA | 7.8 | 0.43 | 1.15 | 1.76 | 0.31 |
| LAGUNERA | 7.6 | 0.38 | 1.25 | 1.79 | 0.34 |
| | 8.2 | 0.37 | 1.20 | 2.64 | 0.29 |

A nivel comarca lagunera en un experimento en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (C.A.E.- FAZ-UJED) iniciado en 1998 y que continua hasta la fecha se encontró que el acolchado con plástico estadísticamente incrementó la temperatura del suelo a niveles óptimos para una máxima actividad enzimática (Figuras 12 y 13). Esto repercutió en un mayor rendimiento con los tratamientos de B4= 80 y B5= 120 toneladas ha⁻¹ aplicadas de estiércol fresco de ganado bovino y con acolchado plástico (A1), no así en los tratamientos sin acolchar (A2) (Figura 14) e inclusive estos rendimientos para 1999 ya fueron mayores que los obtenidos con la fórmula de fertilizante químico recomendada para la región. Similares resultados fueron encontrados por Christensen *et al.* 1994 y Salazar *et al.* en el 2002 en un experimento de labranza de conservación con diferentes grados de cobertura en el suelo en donde después de 6 años los tratamientos de cero labranza y labranza mínima sin aplicación de fertilizantes químicos ya

Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

superaban a los tratamientos con aplicación de estos productos. Lo anterior dada una mayor mineralización de nitrógeno orgánico en los tratamientos donde se tenían mas residuos de cosecha acumulados.

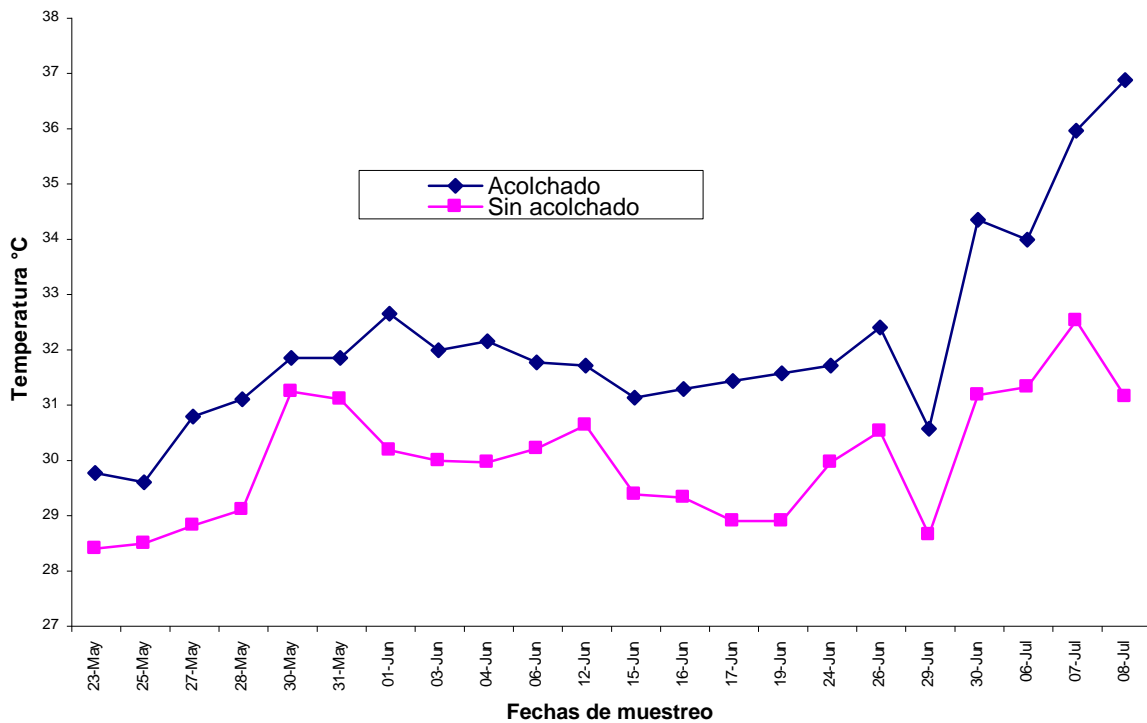


Figura.12 Temperatura del suelo con y sin acolchado en el cultivo del tomate en el C.A.E.-FAZ-UJED.1998

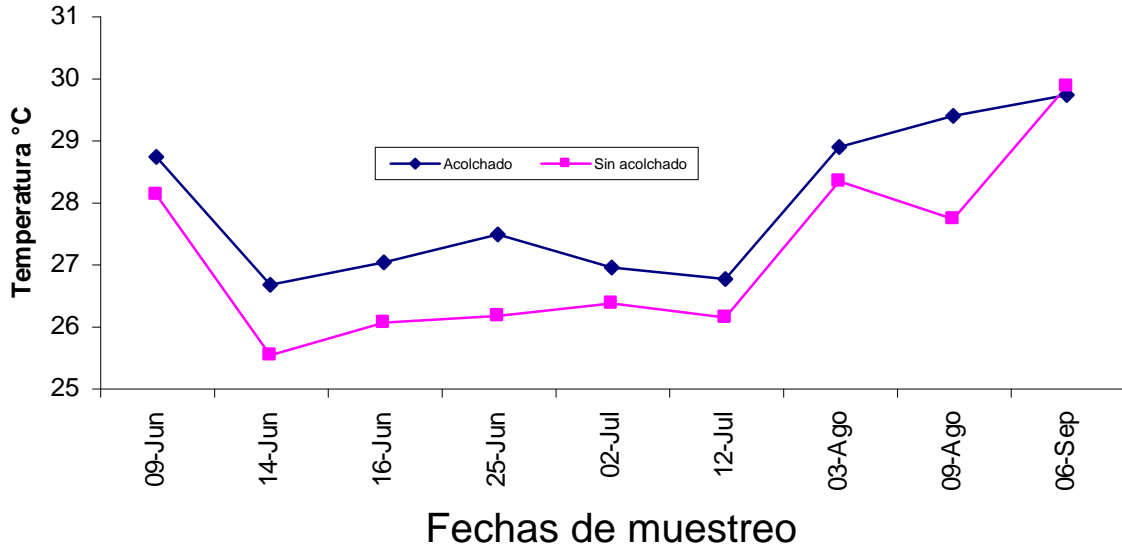


Figura 13. Temperatura del suelo con y sin colchado en el cultivo del tomate en el C.A.E.-FAZ-UJED.1999

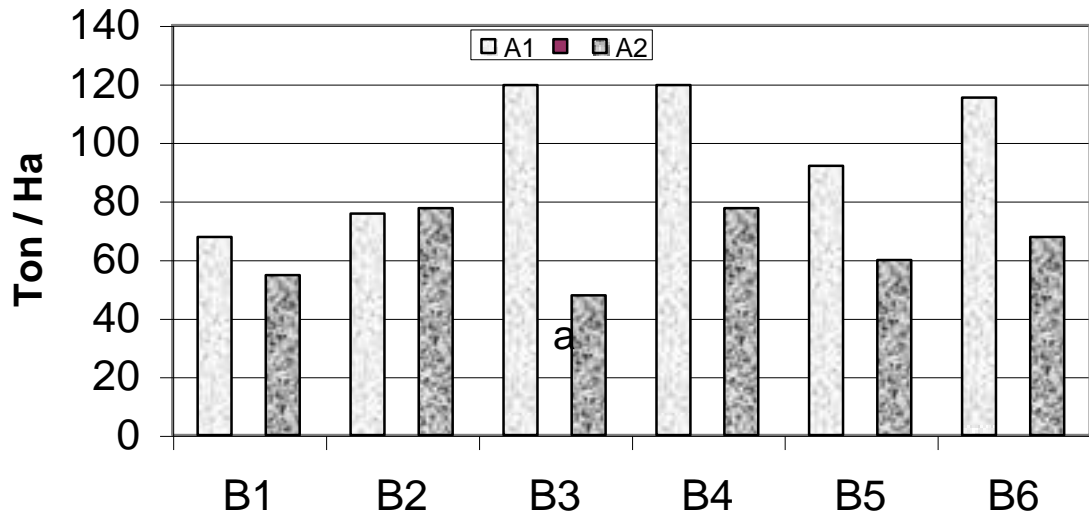


Figura 14. Producción de Tomate CAE-FAZ-UJED. 1999.

Esto también se presentó en el experimento donde se aplicó estiércol de bovino (Cuadros 3 y 4) en donde se puede observar que en 1998 todos los tratamientos tuvieron un rango de 2-14 ppm de $\text{NO}_3\text{-N}$ al momento de la siembra, pero para el año 2002 la concentración de nitratos varió de 3 a 158 y de 17 a 102 mg kg^{-1} para las profundidades de 0-7.5 cm y 7.5-15 cm, respectivamente. Esta concentración de nitratos para el 2002 ya fue muy superior en los tratamientos de estiércol; siendo

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Como conclusiones a la presente publicación se presentan las siguientes:

1. Previo análisis de suelo se puede iniciar con una dosis de 80 a 120 ton ha⁻¹ :
 - Aplicando el estiércol al menos un mes antes
 - Procurando una buena distribución en el terreno
2. La aplicación continua del estiércol deberá ser cuidadosamente seguida por el análisis de suelo:
 - Con la finalidad de evitar salinización del suelo
 - Posible exceso de nitrato
3. Posible toxicidad por exceso de nutrimentos en la planta

SUGERENCIAS

- Analizar el suelo al menos en los primeros 60 cm
- Observar fertilidad natural del suelo
- Concentración de sales y sodio
- Agua disponible del suelo por estrato
- Continuar con estos estudios
- Tener evidencia consistente de la región sobre las dosis más adecuadas dada la variación tan heterogénea de suelos, clima, manejo de cultivos etc.
- Tener evidencia sobre los porcentajes de estiércol biodegradado y su impacto en el medio ambiente en general

BIBLIOGRAFIA

- Bear, F .E. 1964. Chemistry of the Soil Ed. Monograph Series No. 160. p.1-128.
- Brock, T.D., Smith, D..W., Madigan, M.T: (1984). Biology af Microorganisms. Prentice-Hall. Englewood Cliff, New Jersey.
- Cadahia C, 1998. Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales p. 46-47. Ed. Mundi-prensa, Madrid – Barcelona – México.
- Castellanos, J.Z., Márquez Ortiz J.J. Etchevers J.D. Santelises A.A. y Salinas J.R. (1996). Efecto a 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. Terra. 14.2:
- Chen Y., and J. Katan (1980). Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene molching on the chemical properties Soil Science 130; 271-277.
- 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.
- Elliot I.F. and Swanson N.P. 1984. land use of Animal Wastes. Agricultural Research Service, Washington State University, Pullaman. PP. 80-89.
- Hinrich L.B., Brian, L.M. and George, A.C. 1985. Soil Chemistry. Jecon Edison. A Wiley. Interscience Publication. New York, USA p. 136-150.
- Enbinson, D.S. and Ayanaba A. 1970. Decomposition rates of frech organnic matter in england and nigeria. Soil Sci. Soc. Am. 43:912.
- Methers, A.C. and Stewart B.A. 1981. the effect of fuedlol manure on soil Phisical and chemical properties: In: Livestock waste: A renewable resource Prec. of the 5th International Symposium on Livestock wwastes. Asae p.69-77.
- Medrano C. S. 1986. Abonos orgánico. Publicación Especial. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p. 1-129.

- Salazar-Sosa E., Leos-Rodriguez J.A., Fortis-Hernández M., Vázquez-Vázquez C. 2002. Nitrogen recovery and uptake by wheat and sorgum in stubble mulch and no-tillage systems. *Agrociencia*, vol 36 No 4. 433-440.
- Salazar-Sosa E., Lindemann W.C., Cardenas E., Christensen N.B., 1998 (a). Mineralización y distribución del nitrógeno a través de la zona radicular en dos sistemas de labranza bajo condiciones de campo. *TERRA*, Volumen 16, No 2, 163-172.
- Salazar-Sosa E., Lindemann W.C., Smith G., Cardenas E., 1998 (b). Comparación entre la Mineralización y la denitrificación potencial en dos sistemas de labranza bajo condiciones de laboratorio. *TERRA*, 16.2:173-180.
- Salazar, S. E. ; Leos, R. J. A. ; Fortis H. M. y Vázquez V. C. 2002. Nitrogen Recovery and uptake by wheat and sorgum in stubble an no-tillage system. *Agrociencia*. 36: 433-440. 2002.
- Salazar, S. E. y Pérez S. C. 1999. Biodegradación de Estiércol de bovino y su efecto en el cultivo de la Zanahoria. Tesis de Investigación DEP-FAZ-UJED. P. 1-90.
- John R. Teasdale and Aref A Abdul.Baki (1995) soil temperature and tomatoe growth associated with black polyethylene and hairy vetch malches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5):848-853.
- Kemeth, K (1990) *Agricultural Salinity assement and management*. Edit. American Society of Civil Engineers.
- Kononova, M.M. 1982. *Materia orgánica del suelo, su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Traducción Bordas de Muntan Enriqueta. Primera edición Oikos-tau Ediciones. Barcelona España.
- Meléndez, M.O. Salazar S.E, Vázquez V.C., 1999. Biodegradación de estiércol de caprino y fertilización química en el desarrollo radical y producción del nopal. *Memorias de la I Reunión Estatal de Ciencia y Tecnología*. P. 117.
- Paul, E. A. and F. E. Clark. 1989. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego, C. A. pp 1-250.

Stewart, B.A. 1982. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. Memoria del Primer ciclo internacional de conferencias sobre la utilización del estiércol en la agricultura. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, A.C. Torreón, Coah.,

Quezada M.Ma.R., Munguía L. J.P. y Linares C. (1995) acolchado plástico y disponibilidad de nutrientes del suelo en el cultivo de pepino Terra. 13.2:

Wien, H.C., P.L. Minotti, V.P. Grubiager (1993) tomatoe response to stanter fertilizer, polythylene mulch, and level of soil phosphorus J. Amer.Soc. Hort. Sic. 118(2):212-216.

CAPITULO III

USO Y MANEJO DEL ESTIERCOL EN LA PRODUCTIVIDAD DEL NOPAL (*Opuntia spp.*)

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado.

Maestro Investigador de la Fac. de Agronomía de la UANL. Carretera Zuazua–Marín Km 17.5, C.P. 66700, Tel. (825)2480022.

E-mail: r_vazquez_alvarado@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El noroeste del país tiene condiciones inhóspitas para el desarrollo de los cultivos básicos tradicionales, provocadas estas condiciones por el tipo de suelo, agua y clima, sin embargo, el nopal es una opción real para sobrevivir a dichas condiciones, pues es una planta que tolera suelos de baja fertilidad, aguas escasas y condiciones de clima extremas. Es de todos conocido la utilidad del nopal, tanto como fuente de forraje para el ganado, fruto para consumo fresco (tuna), para la elaboración de dulces y los brotes tiernos a los que se les conoce como nopalitos, los cuales constituyen una verdura de gran aceptación regional y nacional (3, 11, 13, 22). En los sistemas de explotación intensiva, la planta de nopal se debe de fertilizar y abonar con fuertes dosis de estiércol, así como regar periódicamente, para poder tener buenos rendimientos. Por otra parte, la gran mayoría de los suelos en el noroeste del país, son pobres en materia orgánica, lo que exigiría que se efectúen aplicaciones de estiércol u otro tipo de materia orgánica, para remediar esta condición. Por otra parte el estado de Nuevo León como muchos otros estados del noreste de la república Mexicana, no cuenta con variedades específicas para la producción de nopal verdura, por lo cual es de importancia seleccionar alguna que se adapte a las condiciones de la región, debido a los grandes problemas de agua, suelo y clima que se tienen. En base a las consideraciones anteriores, se

propuso como objetivos: evaluar el estado del arte con respecto al uso y manejo del estiércol en la producción de nopal

ANTECEDENTES

México es el principal productor de tuna con una superficie aproximada de 49,000 ha y en nopalito con 10,000 ha, respectivamente (Flores y Gallegos, 1993 y 1994), reportándose además tres millones de hectáreas de nopaleras silvestres, cuya explotación se registra bajo métodos rústicos de aprovechamiento para diferentes propósitos (forraje principalmente, así como fruta y verdura).

Históricamente el uso del nopal en México, se registró en base al desarrollo de tres sistemas de producción, los que aun siguen vigentes: a) nopaleras silvestres; b) nopaleras en huertos familiares, y c) nopaleras en plantación. De acuerdo con Flores y Olvera (1994) la mayor parte de la superficie cultivada con nopal para verdura se localiza en el Distrito Federal (7500 ha) y en los estados de Morelos (450 ha), Puebla (400 ha), Michoacán (318 ha), Guanajuato (280), Baja California (150 ha), Jalisco (120 ha) y Oaxaca (100 ha), además del Estado de México, Querétaro, San Luis Potosí, Durango, Tlaxcala y Zacatecas, con superficies de 50 a 100 ha.

FACTORES LIMITANTES EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL

Nobel (1994) menciona algunos de los factores que más afectan el establecimiento, desarrollo, crecimiento y producción del nopal,

- a) Tipo de suelo,
- b) Disponibilidad de agua en el suelo,
- c) Temperatura,
- d) Contenido nutrimental del suelo.

TIPO DE SUELO: El nopal prospera en una amplia gama de suelo;

Pimienta (1990) reporta para México que, la mayor superficie cultivada con nopal tunero coincide con las unidades de suelo siguientes:

Vertisoles,

Luvisoles y
Feozem

Inglese (1995) reportó para Italia

Litsoles,
Regosoles,
Cambisoles y
Fluvisoles.

Texturas

- a) El nopal prospera bien en suelos bien agregados y poco profundos (40 a 70 cm) y con un buen drenaje (Anónimo. 1983).
- b) El nopal no prospera bien en suelos arcillosos compactos, por lo que no debe exceder 15-20% de arcilla.

Condiciones del suelo que deben evitarse

- a) Suelos con un drenaje deficiente,
- b) Nivel freático superficial,
- c) Capas superficiales impermeables o duripan

pH DEL SUELO

Las especies del género *Opuntia* muestran una gran adaptación a rangos ácidos y alcalinos.

- a) Para México las fluctuaciones más comunes son, de pH ligeramente ácidos:
Luvisoles
- b) Para Italia las fluctuaciones más comunes son, de pH ligeramente alcalinos:
Litsoles (Inglese, 1995).

FERTILIDAD DEL SUELO

Fanzone (1991), comenta que basándose en los requerimientos nutrimentales del nopal tunero, un terreno se puede considerar suficientemente fértil si contiene las cantidades que la planta extrae de éste.

Cuadro 1. Contenidos óptimos de elementos en el suelo para el cultivo del nopal tunero.

| Elemento | | No Abonar o Fertilizar Si están en rango | Abonar o Fertilizar Si son menores de |
|---|------|--|---------------------------------------|
| Nitrógeno total (N) | (%) | 0.5 – 1.0 | 0.5 |
| Fósforo asimilable (P ₂ O ₅) | ppm. | 80 – 250 | 80 0 |
| Oxido de potasio asimilable (K ₂ O) | ppm. | 150 – 250 | 150 |
| Calcio (Ca ⁺⁺) | ppm. | 2000-3000 | 2000 |
| Magnesio (Mg ⁺⁺) | ppm. | 200-300 | 200 |
| Hierro (Fe ⁺⁺) | ppm. | 5-10 | 5 |

Fuente: Fanzone (1991).

Cuadro 2. Niveles de elementos en el clorénquima para tres especies de *Opuntia* en ambientes diversos.

| Elemento | | <i>O. engelmannii</i> ¹ | | <i>O. ficus-indica</i> ² | <i>O. albicarpa</i> ³ |
|----------|-----|------------------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | Kingsville, Texas | Coahuila, México | Filmore, California | Estado de México |
| N | % | 2.11 | 0.90 | 2.61 | 0.87 |
| P | % | 0.19 | 0.03 | 0.33 | 0.14 |
| K | % | 3.69 | 1.48 | 1.18 | 2.42 |
| Ca | % | 3.81 | 9.66 | 6.33 | |
| Mg | % | 1.84 | 1.05 | 1.43 | 1.03 |
| Na | ppm | 179.0 | 78.0 | 31.0 | 46.0 |
| Mn | ppm | 92.0 | 28.0 | 54.0 | 22.0 |
| Cu | ppm | 4.0 | 4.0 | 15.0 | |
| Zn | ppm | 31.0 | 11.0 | 52.0 | 16.0 |
| Fe | ppm | 73.0 | 61.0 | 88.0 | 58.0 |
| Bo | ppm | 23.0 | 4.0 | 109.0 | |

¹Nobel *et al.* (1987), ²Nobel (1988), ³López (1988)

ABONADO y FERTILIZACIÓN (11, 21, 31)

- a) A pesar de que al nopal se le ubica como una planta rústica, ésta planta responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos o químicos.

- b) Los abono o fertilizante se agregan al suelo o a la planta misma, con la finalidad de suministrar a ésta los requerimientos necesarios para su crecimiento, desarrollo y asegurar su rentabilidad.
- c) Los estiércoles fueron la única fuente de abono de los suelos agrícolas hasta antes de generalizarse el empleo de los fertilizantes minerales (químicos).

Objetivos de la aplicación de estiércol:

- a) Incremento de la producción de nopalito
- b) Obtención de tuna de calidad
- c) Aumenta la vida productiva de la planta.

Cuadro 3. Análisis de estiércol bovino de establos lecheros de la Comarca Lagunera.

Fuente: Castellanos (1982).

| Elemento | Rango (%) | Promedio | Kg t ⁻¹ |
|----------------|---------------|----------|--------------------|
| Nitrógeno | 0.91 – 2.44 | 1.42 | 14.2 |
| Fósforo | 0.41 – 0.82 | 0.51 | 5.1 |
| Potasio | 1.79 – 4.78 | 3.41 | 34.1 |
| Calcio | 2.34 – 5.65 | 3.68 | 36.8 |
| Magnesio | 0.45 – 1.04 | 0.71 | 7.1 |
| Sodio | 0.25 – 0.75 | 0.51 | 5.1 |
| Sales solubles | 3.20 – 9.10 | 5.00 | 50.0 |
| Relación C / N | 13.00 – 19.00 | 15.00 | |
| Humedad | 5.00 – 55.00 | 35.00 | |
| Cenizas | 38.80 – 48.60 | 48.60 | |

Propiedades que modifican en el suelo los diferentes tipos de estiércol

Físicas: Densidad aparente, porosidad total, la conductividad hidráulica, la retención de humedad del suelo.

Químicas: La materia orgánica, modificaciones del pH, conductividad eléctrica

Biológicas: Modifica el número de microbios y su actividad

Factores que definen la dosis de estiércol a aplicar (4, 13, 24, 31).

- a) La clase de abono por aplicar
- b) Condiciones de fertilidad natural del terreno,
- c) De factores ambientales,
- d) Calidad y tipo de suelo (análisis de suelo),
- e) Las características de la planta (análisis de planta)
especie y edad de la planta, salud
- f) Manejo previo de la plantación y
- g) De los propósitos de la explotación.

Requerimientos nutricionales del nopal tunero

Los requerimientos nutricionales del nopal son semejantes a los de otros cultivos

Cuadro 4. Comparación del nivel de nutrimentos en tejido vegetal del nopal y los cultivos hojosas (Nobel, 1994).

| Nutriente | Nopales con mayor cantidad de tallos | Plantas con más hojas que tallos |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Nitrógeno | menos | más |
| Fósforo | menos | más |
| Calcio | más | menos |

López y Cruz (1990) reportaron que el Fe y Na cuando se encuentran en altos contenidos en la raíz del nopal, se sugiere la existencia de mecanismos de retención y acumulación de estos, y con ello una escasa traslocación hacia las partes aéreas.

Zúñiga (2002), trabajando con niveles de estiércol, aplicados a diferentes profundidades, encontró una tendencia positiva con los elementos observados en el nopalito, esto de acuerdo con las dosis del estiércol bovino. Con respecto a la residualidad el suelo encontró lo siguiente. (cuadro 6).

Cuadro 5. Contenido nutrimental en raíces de dos diámetros de nopal (*Opuntia amyclaea* Tenore)Chapingo. Méx. 1988. López y Cruz (1990)

| Elementos | | Diámetro de Raíces | |
|-----------|-----|--------------------|-------------|
| | | Menos de 5 mm | Más de 5 mm |
| N | % | 0.529 a | 0.304 b |
| P | % | 0.050 a | 0.045 a |
| K | % | 0.803 a | 0.655 a |
| Mg | % | 0.317 a | 0.401 a |
| Mn | ppm | 217.0 | 89.0 |
| Fe | ppm | 1396.0 a | 1205.0 a |
| Zn | ppm | 12.0 | 10.0 a |
| Na | ppm | 286.0 | 126.0 |

Cuadro 6. Concentración de nutrimentos en suelo, al final del experimento de nopal con estiércol bovino y profundidad de aplicación (Zúñiga, 2002).

| Dosis t/ha | Profun. cm | Nitrógeno NO ₃ ⁻ (ppm) | Fósforo (ppm) | Potasio (ppm) | M. Orgá. (%) |
|-------------------|------------|--|---------------|---------------|--------------|
| 100 | 00 - 18 | 124.0 | 40.0 | 683.0 | 2.52 |
| | 18 - 36 | 47.0 | 40.0 | 654.0 | 2.71 |
| | 36 - 54 | 65.5 | 36.0 | 657.0 | 3.32 |
| 300 | 00 - 18 | 18.5 | 134.0 | 1697.0 | 4.44 |
| | 18 - 36 | 114.5 | 196.0 | 837.0 | 7.54 |
| | 36 - 54 | 45.5 | 192.0 | 1467.0 | 7.80 |
| Testigo | 00 - 18 | 4.0 | 18.0 | 336.0 | 0.97 |
| | 18 - 36 | 11.0 | 20.0 | 249.0 | 1.31 |
| | 36 - 54 | 13.0 | 20.0 | 230.0 | 1.00 |
| Contenido Inicial | | 20.5 | 16.0 | 298.0 | 1.61 |

Baca (1990) reporta que el nopal puede mostrar síntomas de deficiencias bajo ciertas condiciones especiales, entre las cuales se encuentra:

Nitrógeno; Antes de emitir el segundo o tercer cladodio, se observa una mancha en el borde superior del cladodio, antes de la emisión de la yema vegetativa, transformándose en tejido corchoso, inhibiéndose en ocasiones dicha brotación.

Fósforo; Las plantas deficientes en fósforo, forman espinas abundantes, pequeñas y de color rojizo, también la brotación es nula, aún del primer cladodio.

Baca (1990) también vinculó la falta de brotación y la no-diferenciación de cladodios del nopal a la deficiencia múltiple de N, P, y Ca, y observó por el contrario, que el B, Mn, y Fe, fueron requeridos en cantidades relativamente bajas. Las evaluaciones efectuadas por Baca, se realizaron mediante cultivo hidropónico, donde la composición química fue la siguiente: en meq/L. 15 en N, 1 de P, 6 de K, 8 de Ca, 4 de Mg, y 4 de S; en mg L⁻¹: 4 de Fe, 0.5 de B, 0.5 de Mn, 0.05 de Zn, 0.02 de Cu, y 0.01 de Mo; del total de N, 1 meq/L se proporcionó en forma de NH₄⁺ y el resto como NO₃⁻. El pH de la solución fue de 5.5.

La fertilización del nopal (29, 30, 32).

- a) No es una práctica muy generalizada en los productores de nopal
- b) Las fuentes, dosis y épocas de aplicación varían mucho de región a región.

Fertirrigación en nopal

- a) Esta práctica ya es muy común con los productores de Nuevo León
- b) Es muy eficaz la aplicación y aprovechamiento de fertilizantes líquidos y solubles.
- c) Se aplican a través de los sistemas de riego, los cuales son absorbidos de una manera más rápida y efectiva por las raíces.
- d) En suelos arenosos en el Negev Israel, de Nerd y Mizrahi (1993)

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| N | 70 mg L ⁻¹ |
| P ₂ O ₅ | 30 mg L ⁻¹ |
| K ₂ O | 70 mg L ⁻¹ |

- e) Los fertilizantes orgánicos como los extractos de alga *A scophyllum*, se han incrementado notablemente

Combinación de fertilizantes químicos y orgánicos

La combinación de químicos y orgánicos se complementan mejorando la respuesta del nopal, por ejemplo se puede ver en los Cuadros 7 y 8 combinaciones exitosas del Altiplano Potosino-Zacatecano.

Cuadro 7. Plantaciones de nopal tunero hasta tres años, con una densidad de 800 plantas por hectárea.

| ZONA | Nitrógeno | Fósforo | Estiércol ovicaprino |
|-------------------------------|---|---|----------------------|
| Altiplano Potosino-Zacatecano | 50 kg/ha | 40 kg/ha | 10 t/ha. |
| Altiplano Potosino-Zacatecano | 304 g (NH ₄) ₂ SO ₄ | 108 g 3[Ca(H ₂ PO ₄) ₂] | 12.5 kg / planta |

(Méndez, 1988 y Méndez y Martínez 1990).

Cuadro 8. Fertilización y abonado después de 3 años en plantaciones que han iniciado su producción, con 800 plantas / ha.

| ZONA | Nitrógeno | Fósforo | Estiércol ovicaprino |
|-------------------------------|---|---|----------------------|
| Altiplano Potosino-Zacatecano | 100 kg/ha | 80 kg/ha | 20 t/ha. |
| Altiplano Potosino-Zacatecano | 610 g (NH ₄) ₂ SO ₄ | 217 g 3[Ca(H ₂ PO ₄) ₂] | 25 kg / planta |

(Méndez, 1988, Méndez y Martínez 1990)

Nota: Se sugiere fraccionar las aplicaciones de nitrógeno

Complementaciones importantes de fertilización (11, 20, 33, 34)

Potasio: Al iniciarse la producción de tuna se debe complementar con potasio para mejorar la calidad de frutos con 80 kg ha⁻¹, equivale a

165 g de cloruro de potasio

200 g de sulfato de potasio.

Calcio: Suelos con bajo contenido de calcio, se deben complementar, dado que es altamente consumido por los nopales:

Se aplica cal apagada (CaCO_3) o yeso (CaSO_4).

García y Grajeda (1991) también mencionan que el nopal responde muy bien a las aplicaciones de abonos y fertilizantes.

Estiércol: 50 a 100 t/ha cabra, vaca o caballo, mezclados con 25 cm de suelo.

Fertilizante: Complementación con 120-100-00

A principios y a fines de lluvias

120 kg de N 585 kg $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$

100 kg de P_2O_5 217 kg $3[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$

Se tiene mejores resultados si se aplican simultáneamente el fertilizante químico y el estiércol.

Mini-Invernaderos o Almacigos

15 cm de estiércol mullido. Dosis de 840 t/ha.

Sobre el estiércol se coloca una capa de 10 cm de arena

Ventajas de la alta dosis y la arena:

Se evita el exceso de humedad

Una mayor temperatura en el suelo

Las raíces tienen mayor actividad.

Etapas fenológicas importantes:

De acuerdo con Fanzone (1991) en el nopal tunero

la brotación,

la formación del fruto y

la maduración del fruto.

Fechas de aplicación de fertilizantes:

En zonas con lluvias invernales, Diciembre a marzo.

En el centro de México, Al inicio de la época de lluvias, Fertilizar aplicar cantidades reducidas en el mes de mayo

Otra fertilización durante el llenado y maduración del fruto; en el mes de junio.

Época de aplicación de material orgánico (5, 13, 15).

Plantaciones nuevas

Al inicio de la plantación, en el momento de preparación del suelo para que éste quede perfectamente mezclado con el suelo.

Plantaciones en producción

a) Estiércol frío: Cuatro a seis meses antes de la brotación;

Ej. bovino

b) Estiércoles calientes: Uno a dos meses de antes de la brotación;

Ej. gallinaza, caprino y ovino

Método de aplicación de fertilizantes químicos,

a) Aplicación y distribución uniforme en toda el área de exploración de las raíces o en la zona de goteo.

b) Cubrirlo con una capa de tierra, alrededor de 4 centímetros de espesor;

ABONADO CON ALTAS DOSIS DE ESTIÉRCOL

Con respecto a trabajos con altas dosis de estiércol bovino en nopal verdura, Fierro *et al.* (1999) reportaron un trabajo donde se evaluaron 4 dosis de estiércol con 100, 200, 400, y 600, t ha⁻¹. En este trabajo el número de nopalitas por planta, el largo y el ancho del nopalito, así como el rendimiento por hectárea resultaron significativos donde las dosis de 600 t ha⁻¹ fue la mejor de todas. Los resultados fueron como sigue:

Cuadro 9. Producción de nopalito con cuatro dosis de estiércol, en el período de primavera, en la región de Tulyehualco, Xoch. D.F.

| Variables | Dosis de estiércol aplicado en t ha ⁻¹ | | | | Significancia |
|-----------------|---|-------|-------|-------|---------------|
| | 100 | 200 | 400 | 600 | |
| Brotes | 4.85 | 5.72 | 5.41 | 5.20 | N.S |
| Nopalito/Planta | 1.71 | 2.32 | 2.49 | 2.88 | S |
| Largo cm | 16.26 | 18.72 | 19.36 | 19.76 | S |
| Ancho cm | 8.09 | 8.84 | 9.04 | 9.22 | S |
| kg / planta | 0.33 | 0.55 | 0.59 | 0.59 | N.S. |
| t / ha | 23.33 | 42 | 54.30 | 62.50 | S |

Murillo *et al* (1999) realizó otro trabajo sobre la producción de nopal verdura utilizando altas dosis de estiércol bovino, donde evaluó cinco cultivares de nopal verdura (Otumba Milpa Alta, Regional, Durango 1 y Durango 2) con tres dosis de estiércol bovino (0, 400 y 800 t ha⁻¹). Murillo y sus colaboradores observaron que todas las variables aumentaron conforme se aumentaba la dosis de estiércol y que el mejor tratamiento fue el de 800 t ha⁻¹ y que el cultivar regional dio los mejores rendimientos en producción de nopalito.

Abonado de Nopal Verdura

Milpa Alta, D.F. García y Grajeda (1991)

No utiliza fertilizantes químicos, pero sí abonos orgánicos.

El estiércol vacuno, es el que se utiliza con más frecuencia

La compra del estiércol vacuno se efectúa en establos lecheros de

Chalco, Naucalpan o Tlanepantla, en el estado de México,

a \$ 200.00 / carro. (precios aproximado desde 1989).

Dosis

Grandes cantidades en capas de 30 a 40 cm de espesor, al momento de la siembra (García y Grajeda 1991).

Periodicidad de aplicación

Después de la primer aplicación y antes de las lluvias, se aplica una capa gruesa

Cada seis meses, cada año o hasta cada dos años, según se necesite.

El abonar cada dos años se debe
al lavado del estiércol por las lluvias,
y no a la degradación de los nutrientes.

Modo de aplicación

Se coloca en forma superficial con palas o rastrillos al momento de la
siembra, tapando casi por completo al cladodio madre.

Acarreo y aplicación por hileras

en carretillas,
canastos o botes

El nopal picado también se utiliza como abono (13, 24, 31).

Se utilizan los materiales que no se pudieron comercializar

El nopalito que no se alcanza a cortar para su venta

Los desechos de podas de formación o saneamiento.

Este tipo de abono se emplea principalmente en época de sequía

Atributos de las grandes dosis de estiércol en Milpa Alta:

- a) Al lixiviarse los nutrientes del estiércol bovino,
las raíces someras del nopal, los captan rápidamente.
- b) Se mantienen estable la temperatura del suelo,
se favorece una producción permanente de nopalito,
3. El estiércol absorbe humedad y la libera lentamente
proporciona humedad a la planta en tiempo seco.
4. El estiércol viene con paja de trigo,
Esto ayudar a conservar la temperatura y la humedad.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE NOPAL VERDURA CON ALTAS DOSIS

Vázquez y Gallegos, (1995, 1997). Establecieron trabajos sobre altas dosis de estiércol vacuno en nopal verdura en el Campo Agrícola experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Se utilizaron los niveles de 200, 400, y 600 t/ha, en dos genotipos (Villanueva y Jalpa),

tratando de imitar las dosis de las explotaciones comerciales de Milpa Alta, D.F. (Fernández *et al.* 1990). El estiércol que se utilizó era de una antigüedad aproximada de 6 meses, colectándose todo en una sola ocasión para su aplicación en la parcela. El estiércol fue incorporado con azadón al suelo, mezclándose lo mejor posible (33, 34, 35, 36).

Efecto de los Niveles de Estiércol en los Cultivares

Para observar el comportamiento de los cultivares en estudio se realizaron análisis de varianza para las variables número de brotes (NBT), largo y ancho de brotes (LB, AB), peso de brotes cosechados (PBC), rendimiento fresco (YF). Con respecto a los genotipos se detectó diferencias altamente significativas para todas las variables cuantificadas, en tanto que la interacción de la dosis de estiércol con respecto a los genotipos no mostraron efectos significativos en ninguno de los casos. En lo que se refiere al número de cortes se tuvieron evidencias a un $\alpha=0.01$ de que al menos uno de los cortes mostró un efecto diferente sobre todas las variables medidas, no fue este el caso de la interacción de dosis de estiércol por el número de cortes, donde solamente el peso de los brotes cosechados mostró diferencias altamente significativas. Con respecto a la interacción de los genotipos y el número de cortes se observaron diferencias altamente significativas en todas las variables analizadas, sin embargo en la interacción triple de dosis por genotipo por corte únicamente el número de brotes cosechados resultó significativo ($\alpha=0.05$).

Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey para detectar diferencias estadísticas con respecto a dosis y genotipos. Los resultados de dichas pruebas se pueden apreciar en los Cuadros 10 y 11, de los que se desprende que la dosis de 400 y 600 t/ha produjeron el mayor número de brotes totales, siendo estadísticamente inferior el NBT en la dosis de 200 t/ha.

Cuadro 10. Rendimiento de nopalito de dos *cv.* de *Opuntia ficus-indica* L., bajo tres niveles de estiércol de bovino. Marín, N. L. 1995.

| DOSIS (t / ha) | NBT (Núm.) | NBC (Núm.) | LB (cm) | AB (cm) | PBC (g) | YF (t/ha/día) |
|-------------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------------|
| 400 | 28.67 a | 7.083 a | 11.82 a | 5.69 a | 52.68 a | 0.5680 a |
| 600 | 28.45 a | 6.639 a | 12.05 a | 5.90 a | 52.72 a | 0.5510 a |
| 200 | 26.50 b | 6.259 a | 11.26 a | 5.88 a | 53.68 a | 0.5458 a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a un $\alpha = 0.05$.

NBT: Numero de brotes totales

AB: Ancho de brote

NBC: Numero de brotes por cladodio

PBC: Peso de brotes cosechados

LB: Largo de brote

YF: Rendimiento

Cuadro 11. Valores promedio de número, largo y ancho de brotes, número y peso de brotes cosechados y rendimiento de materia fresca de los dos *cv.* de *Opuntia ficus-indica* L. evaluados. Marín, N. L. 1995.

| GENOTIPO | NBT (Núm.) | NBC (Núm.) | LB (cm) | AB (cm) | PBC (g) | YF (t/ha/día) |
|----------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------------|
| JALPA | 30.0 a | 7.7 a | 9.8 b | 4.67 b | 44.33 b | 0.657 a |
| VILLANUEV A | 25.5 b | 5.4 a | 13.7 a | 7.26 a | 62.48 a | 0.445 b |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes a un $\alpha = 0.05$.

NBT: Numero de brotes totales

AB: Ancho de brote

NBC: Numero de brotes por cladodio

PBC: Peso de brotes cosechados

LB: Largo de brote

YF: Rendimiento

Para el caso de los genotipos, podemos observar en el Cuadro 11 que las variables NBT y NBC fueron superiores en el caso del *cv.* Jalpa con respecto al *cv.* Villanueva, en un 15 y 30%, respectivamente; sin embargo, para el caso de LB y AB el *cv.* Villanueva, fue superior en ambos casos, en un 29 y 36%, respectivamente. Con relación al peso promedio de brotes cosechados se observa que el *cv.* Villanueva pesó 18.15 g más que el peso promedio de brote del *cv.* Jalpa. Finalmente, el peso transformado en t/ha/día (YF) del *cv.* Jalpa fue superior y diferente

estadísticamente al cv. Villanueva, en 212 kg/ha. Lo anterior se puede atribuir a que el número de brotes totales y cosechados fue mayor en el cv. Jalpa, no obstante que el tamaño y peso promedio del brote fue superiores en el cv. Villanueva, lo que explica los resultados obtenidos.

Comportamiento de los Cultivares

A partir de la siembra se pudo observar un comportamiento diferente entre los cultivares en relación al inicio y cantidad de brotes emitidos, siendo el cv. Villanueva el que mostró una mayor agresividad de crecimiento durante el invierno ya que el cv. Jalpa emitió los primeros brotes 36 días después que ésta (Figura 1). Este comportamiento se mantuvo hasta el corte número seis, a partir del cual el cv. Jalpa superó en forma significativa en la emisión de brotes a la primera. Lo anterior puede indicarnos que el cv. Villanueva se adapta mejor a las temperaturas frescas, en tanto que el cv. Jalpa responde mejor a temperaturas mayores, lo cual coincide con las características térmicas de los sitios de procedencia de los cultivares.

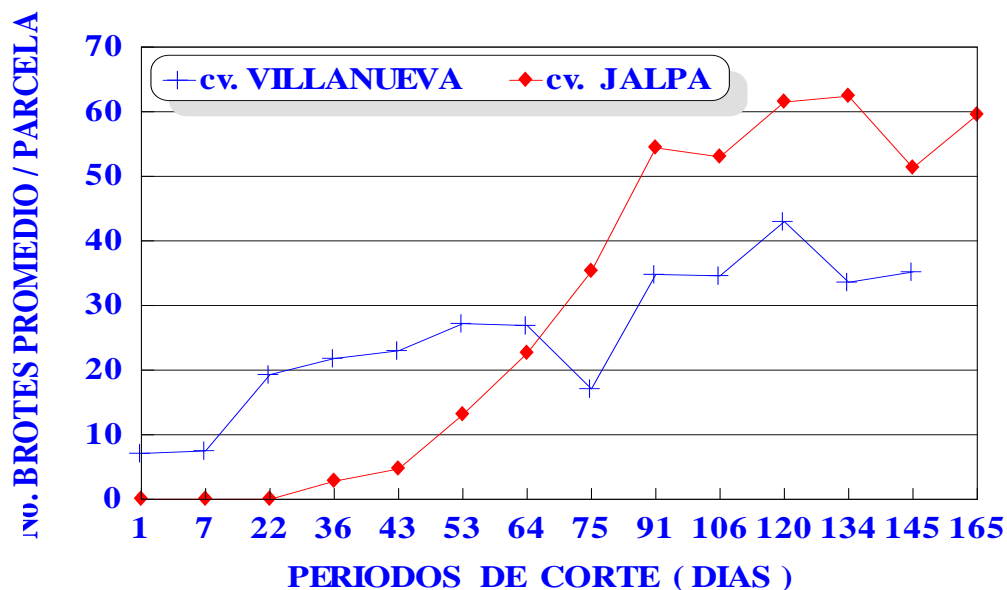


Figura 1. Promedio de brotes por parcela de dos cv. de *Opuntia ficus-indica* L. bajo tres dosis de estiércol en Marín, N. L. 1995.

Un comportamiento similar se observó en la producción de nopalito (materia fresca t/ha) por corte, lo cual se puede apreciar en la Figura 2. Sin embargo cabe destacar que a pesar de que la producción fue superior en el cv. Villanueva durante los primeros seis cortes, ésta diferencia no fue significativamente mayor, como lo fue en el caso del cv. Jalpa a partir del séptimo corte, lo

anterior nos sugiere que para las condiciones cálidas que prevalecieron durante este periodo de evaluación, el cv. Jalpa mostró mejores perspectivas de producción.

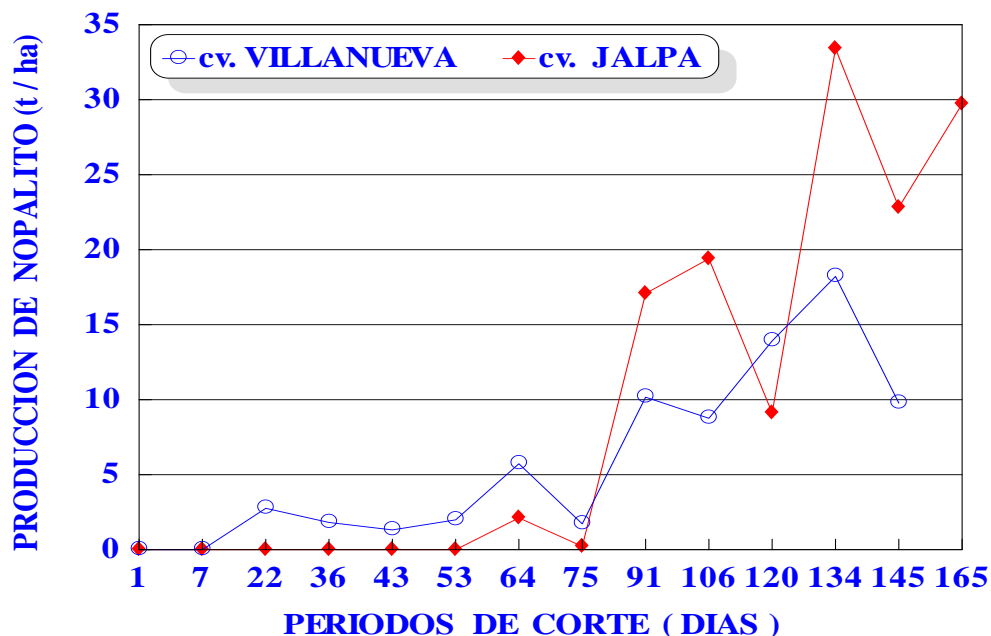


Figura 2. Rendimiento de nopalito por corte de dos cv. de *Opuntia ficus-indica* L. bajo tres dosis de estiércol en Marín, N. L. 1995 (33 y 34).

Conclusiones de la evaluación

De acuerdo con el desarrollo de éste trabajo, podemos concluir lo siguiente:

1. Para condiciones ambientales similares a la zona de Marín, N. L., en el noreste de la Republica Mexicana, es posible el establecimiento de explotaciones comerciales de nopal para verdura, con amplias posibilidades de éxito.

2. Los cultivares evaluados Jalpa y Villanueva, respondieron de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes, el Villanueva respondió adecuadamente durante la época fresca y el Jalpa presentó mejor comportamiento en la época cálida.

3. Los niveles de estiércol probados causaron un efecto significativo en las variables evaluadas, siendo el de 400 t/ha mejor que el de 200 y 600 t/ha.

PROBLEMAS DE ALTAS DOSIS DE ESTIÉRCOL

López *et al.* (1999), estudiando el efecto de las altas dosis de estiércol coinciden con muchos otros autores con respecto a los efectos benéficos del estiércol, pero debido a que es una fuente abundante de microorganismos, que así como degradan la materia orgánica también afectan el equilibrio existente en el suelo, aumentando los riesgos patogénicos, reduciendo e inhibiendo incluso otras relaciones, como la simbiótica mutualista establecida entre el nopal y ciertos hongos micorrízicos versículo arbusculares. El trabajo de López *et al.* (1999), se estableció en el barrio de Santa Cruz, en la delegación de Milpa Alta, D.F. Las dosis de estiércol que utilizaron fueron: 0, 690, y 940 t/ha. Ellos encontraron los hongos micorrízicos del genero *Gigaspora* spp. *Glomus* spp. encontrando que la cantidad de esporas fue muy baja en todas las muestras en comparación de lo registrado por otros autores. Como conclusión de este trabajo encontraron que existe una relación inversa entre la dosis de estiércol y la población de micorrizas, pues esta se reduce a medida que aumenta la cantidad de estiércol. Al incrementarse la cantidad de abono orgánico, se incrementa también la concentración de nutrimentos y la competencia entre los microorganismos presentes, y paralelamente se inhibe el efecto de simbiosis, debido a que no es necesario el intercambio de nutrimentos entre la planta y el hongo.

Cuadro 12. Porcentaje de esporas micorrízicas registradas por genero en una plantación de nopal

| Muestra | Estiércol t/ha | <i>Gigaspora</i> sp. | <i>Glomus</i> sp. |
|---------|----------------|----------------------|-------------------|
| I | 0.0 | 61.2 | 9.6 |
| II | 640 | 12.9 | 6.4 |
| III | 960 | 6.4 | 3.2 |

Problemas de la salinidad en el nopal

Observando que dentro del proceso de la mineralización de la materia orgánica se puede tener un peligro potencial de ensalitramiento, pudiendo deberse esto, a un mal manejo del suelo, o de la misma materia orgánica, Murillo *et al.* (1999) propusieron evaluar el efecto de la salinidad en la producción de nopalito, donde evaluaron seis niveles de salinidad (2, 5, 10, 13, 18, y 21 dS/m). En general observaron la disminución en todas las variables del nopalito, esto conforme se aumentaba la concentración salina, todas las variables disminuyeron a partir de 5 dS/m. Con

respecto al cladodio madre se observó la misma tendencia a disminuir, conforme se aumentaba el nivel de salinidad, principalmente a partir de 10 dS/m.

Cuadro 13. Efecto de la salinidad en la producción de nopalito. Baja California Sur 1999. Murillo *et al.* (1999)

| Salinidad dS/m | Área foliar Cm ² | Núm. Brotes | Peso fresco g | Peso seco g |
|-------------------|--------------------------------|-------------|------------------|----------------|
| 2 (control) | 88.79 a | 30.33 a | 1122.94 a | 62.74 a |
| 5 | 53.93 b | 12.80 b | 675.80 b | 45.36 b |
| 10 | 40.12 c | 10.20 b | 462.64 c | 36.28 b |
| 13 | 26.79 d | 7.00 b | 295.35 d | 21.60 c |
| 18 | 22.62 d | 5.80 b | 251.02 d | 20.68 c |
| 21 | 19.42 d | 5.20 b | 208.15 d | 15.96 c |

Cuadro 14. Efecto de la salinidad en el cladodio madre de nopal. Baja California Sur 1999. Murillo *et al.* (1999)

| Salinidad dSm ⁻¹ | Peso fresco g | Peso fresco raíces g | Peso seco raíces g |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| 2 (control) | 498.98 a | 39.78 a | 13.00 a |
| 5 | 308.20 b | 37.50 a | 10.96 a |
| 10 | 219.06 b | 19.60 b | 6.00 b |
| 13 | 288.25 b | 16.66 b | 4.88 b |
| 18 | 283.62 b | 13.90 b | 4.32 b |
| 21 | 266.50 b | 12.62 b | 2.78 b |

BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1983. El Nopal. Secretaría de la Reforma Agraria. Comisión Técnica para el Empleo Rural. 79 p., México.
2. Baca C., G. A. 1990. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal, proveniente de cultivo in vitro. En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 155-163.
3. Borrego E., F. Y N. Burgos V. 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 202 p.
4. Castellanos J., Z. (1982). El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. Memorias sobre el ciclo Internacional de conferencias sobre la utilización de los estiércoles en la agricultura. pp 11- 24.
5. Fanzone, G. 1991. II Ficodindia. Manual Practico. Ed. REDA Edición per l'agricultura. Roma. 86 p.
6. Fernández M., W.R., J. Vázquez R. y J. A. Villalobos. 1990. Fertilización preliminar de nopal para verdura en Milpa Alta, D. F. En: IV Reunión Nacional y II encuentro Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del nopal. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac. pp 29.
7. Fierro A., A.; González L., M. M.; y Rodríguez A., F. 1999. Producción de nopalito (*Opuntia ficus-indica*) con cuatro dosis de estiércol fresco, en la región de Tulyehalco, D.F. En Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 al 10 de Septiembre.. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Compilaron Aguirre R., J. R. y J. A. Reyes A. pp 79-80.
8. Flores V.,C.A. y C. Gallegos V. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México. CUESTAAM-CRUCEN, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.
9. Flores V., C. A. y C. Gallegos V. 1994. La producción y comercialización del nopal para verdura en México y Zacatecas. 1^a Reunión sobre Hortalizas. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac. 10 p.

10. Flores V., C. A. y J. Olvera M. 1994. El sistema-producto nopal verdura en México. SARH-UACH-CIESTAAM. Chapingo, Méx. 149 p.
11. Gallegos V., C. y S. De J. Méndez G. 2000. La Tuna. Criterios y Técnicas para su producción comercial. Ed. Fundación Produce Zacatecas A. C.
12. García V., A.G. y J. E. Grajeda G. 1991. Cultive nopal para verdura. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo. Estado de México. C.P. 56230. 18 p.
13. Granados S., D. y A. D. Castañeda P. 1996. El nopal, historia fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas Méx. p 229.
14. Ingles, P. 1995. Orchard Planting and Management. En: G. Barbera, P. Ingles y E. Pimienta B., eds. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production paper 132. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 78-91.
15. López M., J. L. 1988. Contenido nutrimentales en tallos y raíces de nopal tunero (*Opuntia amyoclaea* T.). Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Méx. 68 p.
16. López J., A. y P. Cruz H. 1990. Efecto de la fertilización con N, P, K y tres fuentes de materia orgánica en nopal tunero (*Opuntia amyoclaea* T.) En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 149-154.
17. López J., A. y P. Cruz H. 1990. Contenido nutrimental en tallos y raíces en nopal tunero En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 178-186.
18. López P., J.; D. Montiel S.; P. Zavaleta B.; y J. Olivares O. 1999. Registro de micorrizas en nopal (*Opuntia ficus-indica*) en Milpa Alta con tres dosis de fertilización orgánica. En Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 al 10 de Septiembre.. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Compilaron Aguirre R., J. R. y J. A. Reyes A. pp 83-84.
19. Méndez G., S.J. 1988. Respuesta a la fertilización química y orgánica de tres formas de nopal (*Opuntia* spp) en una plantación comercial de Ojocaliente. Zac. Tesis profesional. Escuela de Agronomía Universidad Autónoma de Zacatecas. Méx. 120 p.

20. Méndez G., S.J. y J.J. Martínez H. 1990. Efecto de la fertilización química y orgánica en tres formas de nopal (*Opuntia* spp.) sobre el rendimiento de una plantación comercial de Ojo caliente, Zacatecas. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 207-214.
21. Mondragón J., C. y E. Pimienta B. 1990. Fertilización orgánica y química del nopal tunero en Zonas Semiáridas. En memorias de resúmenes del IV Congreso Nacional y II Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del nopal. Zacatecas, Zac. pp 28.
22. Muñoz Z., L. 1992. La producción invernal de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) bajo microtúnel usando dos diferentes tipos de plástico como cubierta en Xalostoc, Tlaxcala, Méx. Tesis profesional, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 75 p.
23. Murillo A., B.; E. Troyo D.; H. A. Cortés A. 1999. Efecto de la salinidad en la producción de nopalito (*Opuntia ficus-indica* Mill. (L.)). En Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 al 10 de Septiembre.. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Compilaron Aguirre R., J. R. y J. A. Reyes A. pp 85-86.
24. Murillo A., B.; E. Troyo D.; A. Villaseñor B. 1999. Efecto del estiércol bovino en cultivares de nopal verdura (*Opuntia* spp) introducidos a Baja California Sur, México. En Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6 al 10 de Septiembre.. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Compilaron Aguirre R., J. R. y J. A. Reyes A. pp 87-88.
25. Nerd A. Y Y. Mizrahi. 1993. Cultural practices for cactus pear in Israel for year round production. En Proceedings 4th Annual Texas Prickly Pear Council. TPPC. Kingsville, Texas. Pp 77-80.
26. Nobel, S.P.; E. Russel; P. Felker; J. Galo M. y M. Acuña. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agron. J.* 79(3):550-555.
27. Nobel, S.P. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University Press. USA. 270 p.
28. Nobel, S.P. 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford University. Press. Nueva York. 166p.
29. Pimienta B., E. 1986. Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. CIANOC, SARH-INIFAP. Publicación especial 5:1-34.

30. Pimienta B., E. 1990. El nopal tunero. Universidad Autónoma de Guadalajara. Jalisco, Méx. 235 p.
31. Sztern, D. y M. A. Pravia. 1999. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Ed. Por Ofician de Planeación y Presupuesto (Unidad de Desarrollo Municipal) y por Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 68 p.
32. Vázquez A., A. 1981. El Nopal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Comisión Nacional de Zonas Áridas. México. 85 p.
33. Vázquez A., R.E. y C. Gallegos V., 1995. Organic fertilization for production of young tender pads of *Opuntia spp* in Nuevo Leon, Mexico. First Annual Conference. on Professional Association for Cactus Development. pp 49-60. San Antonio Texas. Texas A. and M. University Extension Service. Sep 14-17. 1995.
34. Vázquez A., R.E. y C. Gallegos V. 1997. Efecto del estiércol vacuno en el segundo año de producción de nopal verdura. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso Nacional y 5o Internacional. p 148. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.
35. Vázquez A., R.E., G.E. Salinas G., C. Gallegos V., y C.A. Flores V. 1997. Banco de Germoplasma de Nopal Para las Condiciones Ambientales del Estado de Nuevo León. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso Nacional y 5o Internacional. p 308. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.
36. Vázquez A., R.E. y R. Canales Z. 1997. Efecto de la orientación del cladodio madre del nopal al momento de la siembra, con respecto a la brotación y el rendimiento. En: Vázquez-Alvarado, R.E., C. Gallegos-Vázquez, N Treviño-Hernández, y Y. Díaz-Torres (Comp.) Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias del 7o Congreso Nacional y 5o Internacional. p 306. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.

37. Zúñiga T., R. 2002. Desarrollo radical y producción de nopalito *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill en función de la biodegradación del estiércol bovino en diferentes profundidades. Tesis doctoral. Fac. Agronomía, UANL.

CAPÍTULO IV

LA INOCUIDAD ALIMENTARIA, LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO DE FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS

Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

Profesor Investigador de Posgrado, Universidad Autónoma Chapingo.

¿Qué se entiende por inocuidad alimentaria?. De manera principal se refiere a la producción de alimentos sanos o limpios desde el punto de vista microbiológico, sin dejar de lado los aspectos de contaminación química y física. La preocupación por estos aspectos de inocuidad de los alimentos frescos sobre todo de las frutas y hortalizas tiene diversos orígenes.

En primer lugar, el incremento en el comercio internacional de frutas y hortalizas frescas ha hecho posible su disponibilidad en el mercado durante todo el año en prácticamente todo el mundo. Estas frutas y hortalizas provienen de muy diferentes sistemas de producción que implican prácticas agrícolas muy diversas. Los Estados Unidos (EE.UU.) importan el 38% de las frutas y el 12% de hortalizas que consumen. Un 70% de estas importaciones provienen de América Latina y el Caribe. Es decir, que los microbios patógenos pueden globalizarse y además el tiempo que transcurre entre la cosecha y el consumo se ha alargado.

En segundo lugar, el consumo de hortalizas y frutas se ha incrementado de manera notoria en los países desarrollados a raíz de las recomendaciones médicas que insisten en la necesidad de comer más verduras para prevenir enfermedades graves como el cáncer del colon y en general para mejorar la salud personal. Estas recomendaciones han conducido a un cambio sustancial en el patrón de consumo. Por ejemplo, en los EE.UU. el consumo *per cápita* de brócoli fresco era de

0.3 libras en 1968 y pasó a 3.5 libras en los noventa. Un aumento espectacular de 964%. El consumo de coliflor fresca pasó de 0.9 libras a 2.5 para el mismo período. El de uvas de 3.5 a 6.8. El consumo de manzanas frescas *per cápita* pasó de 15.4 a 19 libras. Según EL Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) el consumo *per cápita* de frutas en los EE.UU. era de 180 libras en 1919 y subió a 295 para 1998. El de hortalizas frescas era de 302 en 1919 y ya para 1998 fue de 416 libras *per cápita*. Otros alimentos han perdido importancia relativa. El consumo de huevo en los EE.UU bajó de un pico de alrededor de 400 huevos por persona en los 50 a 260 en 1999. A mediados de los 70 el consumo *per cápita* de carne de res era de aproximadamente 90 libras y para 1999 cayó a 62. El consumo de leche cayó de casi 45 galones *per cápita* en 1950 a alrededor de 25 en 1999. La caída en el consumo de la leche entera es todavía más dramática: de casi 40 galones en 1950 disminuyó a menos de 10 galones *per cápita* en 1999. El consumo de pollo siguió una tendencia opuesta: el consumo por persona a mediados de los 70 fue de 30 libras y para 1999 era ya de casi 60 igualando prácticamente al de carne de res.

A pesar de este crecimiento en el consumo por persona de hortalizas, todavía existe espacio para un aumento en su consumo. Si los norteamericanos se ajustarán a las recomendaciones incluidas en la Pirámide Alimenticia relativas a la ingestión de frutas y hortalizas el consumo de hortalizas verde oscuro y amarillas intenso debiera incrementarse en un 300% lo que equivaldría a un aumento de un millón de acres en la superficie sembrada de estos productos.

Otro cambio importante es que las hortalizas ya no son cultivadas por quien las consume. Por ejemplo, en 1919 en los EE.UU., el autoconsumo de hortalizas fue de 131 libras *per cápita* mientras que en 1999 fue de sólo 11 libras. Otro factor que ha contribuido a poner énfasis en la cuestión microbial de los alimentos es el hecho de que la gente de los países ricos come cada vez más fuera de casa. En los EE.UU., del total gastado en alimentos en los 50, el 16.6% correspondía a comer fuera de casa. Para 1999 esta cifra fue de 40%.

Otra aspecto relacionado con la creciente preocupación por la inocuidad es el envejecimiento de la población que ha ocurrido en los países desarrollados que los hace más

vulnerables a cualquier consumo de alimentos contaminados. Se estima que en los EE.UU. ocurren anualmente alrededor de 76 millones de casos de enfermedad y 9,000 muertes debidos al consumo de alimentos contaminados. Se afirma también que este fenómeno ha ido creciendo. En Inglaterra y Wales en 1980 reportaron aproximadamente 32, 000 casos de enfermedades y para 1995 reportaron 104, 000 casos.

Las bacterias más comúnmente aisladas en las personas infectadas han sido las siguientes: *Campylobacter jejuni*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y *E. Coli* 0157:H7. A éstas se añaden otros microorganismos patógenos al hombre tales como: *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Toxoplasma gondi*, *Cyclospora*, *Cryptosporidium parvum* y el virus de la hepatitis A.

Ha sido tan grande la preocupación en EE.UU. por este tipo de enfermedades que, por ejemplo, a partir de 1999 se exige que los huevos empacados para venta al menudeo sean almacenados y transportados a una temperatura de al menos 7.2 °C (45 °F) . La Agencia para los Medicamentos y los Alimentos de los EE.UU. (FDA, por sus siglas en inglés) y el USDA han propuesto que las cajas de huevo sean etiquetadas previniendo al consumidor del riesgo de contraer *salmonellosis* debido al consumo de huevos contaminados. En la reunión 32 del Comité de Codex sobre Higiene de los Alimentos (CCFH) celebrada en 1999 se determinó que un grupo de expertos debería analizar el binomio formado por *Salmonella* y huevos. En julio de 2000 se publicó el reporte correspondiente a la caracterización de peligros y a la evaluación de la exposición a *Salmonella spp* en pollos para asar y en el huevo. Como resultado de este estudio se acordó en la reunión 33 del CCFH revisar la norma Codex de huevos y sus productos dándole prioridad 1. Esta norma data de 1976. Asimismo se acordó elaborar un código de prácticas de higiene para la producción de pollos.

Se puso en marcha una campaña llamada *Thermy* para educar al consumidor acerca de las temperaturas correctas para cocinar a fin de evitar estas enfermedades. Otra campaña es *Fight Bac*(Lucha contra las bacterias).

Se han puesto en marcha disposiciones acerca de la instalación obligatoria en los rastros de bovinos y aves y procesadores de jugos de HACCP que es es un sistema de análisis de

peligros y puntos críticos de control (*Hazard Analysis and Critical Control Points*). Este sistema es el recomendado por *Codex Alimentarius* en sus Principios Generales sobre Higiene de los Alimentos.

El sistema HACCP consta de siete principios básicos.

1. *Conducir un análisis de peligros*
2. *Identificar los puntos críticos de control, PCC*
3. *Establecer límites críticos para la medida preventiva de cada PCC*
4. *Establecer procedimientos de monitoreo*
5. *Establecer acciones correctivas cuando haya desviación del límite crítico en un PCC*
6. *Verificar que el sistema está trabajando*
7. *Establecer registros y documentos del sistema.*

En el caso de los rastros los "establecimientos grandes", aquellos con 5000 o más empleados deberían haber instalado HACCP a más tardar el 25 de enero de 1998. Los "pequeños", el 25 de enero de 1999 y los establecimientos "muy pequeños", aquellos con menos de 10 trabajadores o ventas anuales menores a 2.5 millones de dólares, el 25 de enero de 2000.

Con relación a los jugos y a raíz de los brotes de *salmonelosis* en 1995 y 1999 debidos al consumo de jugo de naranja sin pasteurizar y a la muerte de una niña de 16 meses en EE.UU. en 1996 que sufrió un ataque cardíaco y paralización de los riñones por haber ingerido jugo de manzana sin pasteurizar que estaba contaminado por *E. coli* 0157:H7, el mismo agente que había matado cuatro niños en 1993 al comer hamburguesas que no estaban bien cocidas, la Food and Drug Administration (FDA) propuso en 1998 dos medidas para reducir los riesgos a la salud provenientes de jugos de frutas y hortalizas. Una de las propuestas sobresalientes fue la de que todos los procesadores de jugos deberían instalar el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés) y en adición a este sistema todos los jugos no pasteurizados deberán exhibir una etiqueta que diga:

"CUIDADO: Este producto no ha sido pasteurizado y, en consecuencia, puede contener bacterias dañinas que son capaces de causar enfermedades serias en los niños, ancianos y personas con sistemas inmunes débiles".

En el caso del jugo de manzana, el plazo para cumplir con este etiquetado fue el 8 de septiembre de 1998. Para el resto de los jugos sin pasteurizar la fecha límite fue el 5 de noviembre de 1999. En el caso de HACCP se dio un año de plazo para su puesta en marcha a los procesadores grandes y de dos a tres años a los pequeños y muy pequeños. Los patógenos a controlar en este caso son *E. coli 0157:H7*, *Listeria monocytogenes* o *Salmonella*. Por cierto, la compañía que produjo el jugo de manzana que mató a la bebé se declaró culpable y aceptó pagar una multa récord de 1.5 millones de dólares.

Se han realizado estimaciones en los EE.UU. sobre los costos de estas enfermedades. Para el caso de *Salmonella*, un estudio reporta costos por cada muerte entre 500,000 dólares. a 3.8 millones de dólares (mdd) según el enfoque de cálculo; 5,460 dl en el caso de hospitalización, 315 si sólo se visita al médico y 24 dl si se recobra sin atención médica. En respuesta a esta problemática los EE.UU. y Europa han tomado medidas, similares en muchos casos, para prevenir este tipo de contaminación de los alimentos y en particular de las frutas y hortalizas frescas.

En enero de 1997, el presidente Bill Clinton anunció una iniciativa para mejorar la inocuidad de la oferta de alimentos de ese país (Food Safety Initiative). En respuesta a este mensaje los Departamentos de Salud, de Agricultura y la Agencia para la Protección Ambiental iniciaron una consulta nacional e internacional tomando como base de la discusión un borrador titulado "Inocuidad alimentaria del rancho a la mesa del consumidor: una nueva estrategia para el siglo XXI" (Food Safety from Farm to Table: A New Strategy for the 21st Century). Como resultado de esta consulta, el 26 de octubre de 1998 fue publicada por la FDA y el USDA una guía para la industria titulada **"Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales frescos"**. Esta guía aplica directamente a la producción agrícola de frutas y hortalizas frescas al definir las buenas prácticas agrícolas que

aseguren la producción de alimentos inocuos desde el punto de vista microbiano al reducir este riesgo de contaminación.

Los apartados fundamentales de la Guía son los siguientes:

1. Terrenos
2. Agua
3. Estiércol animal y desechos municipales sólidos
4. Salud e higiene de los trabajadores
5. Instalaciones sanitarias
6. Sanidad en el campo
7. Limpieza de las instalaciones de empaque
8. Transporte
9. Rastreabilidad

El enfoque que ahora se adopta es un enfoque de proceso y no sólo de producto. Se recomienda verificar la manera cómo las hortalizas son producidas en el campo y no sólo constatar si el producto final está o no limpio. Es decir, que es importante el cómo se produce.

¿Cuáles son las justificaciones de este enfoque?. Primero, las inspecciones en la frontera son costosas e inútiles: se muestrea muy poco y muy tarde. En segundo lugar, uno de los principios de la Guía asienta que es preferible prevenir que combatir la contaminación una vez que ésta ocurre.

En el caso de la Unión Europea la problemática aparece más compleja. La Comisión de las Comunidades publicó en enero de 2000 una versión final del *Libro Blanco* sobre Inocuidad de los Alimentos. Los Libros Blancos son documentos que contienen propuestas para la acción comunitaria en un área específica de política. A menudo estos libros blancos son el resultado de un proceso de discusión y consulta basado en un Libro Verde. En este caso éste fue la Ley sobre Alimentos publicada por la Comisión en 1997. Los objetivos principales de esta legislación sobre alimentos de la Comunidad son los siguientes.

1. asegurar un nivel elevado de protección de la salud pública, la seguridad de los alimentos y el consumidor;
2. asegurar la libre circulación de mercancías en el mercado interior;
3. asegurar que la legislación se basa fundamentalmente en datos científicos y evaluación de riesgos;
4. asegurar la competitividad de la industria europea y potenciar sus posibilidades exportadoras;
5. situar la responsabilidad principal de la seguridad de los alimentos en la industria, productores y proveedores;
6. asegurar que la legislación es coherente, racional y fácil de utilizar.

En el Libro Blanco se asienta que

"la política alimentaria de la Unión Europea debe ser construida alrededor de los más altos estándares de inocuidad de los alimentos, estándares que servirán para proteger y promover la salud de los consumidores. La producción y consumo de alimentos es central en cualquier sociedad y tiene consecuencias económicas, sociales y en muchos casos también ambientales. A pesar de que la protección de la salud siempre es prioritaria, estos otros aspectos deben ser tomados en cuenta para el diseño de la política alimentaria. En adición, el estado y calidad del ambiente, en particular, los ecosistemas, puede afectar las diferentes etapas de la cadena alimentaria. La política ambiental, en consecuencia, juega un papel importante para el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos."

En el capítulo referente a los principios de inocuidad alimentaria se dice que :

*"este Libro Blanco hace propuestas que transformarán la política alimentaria de la Unión en un instrumento proactivo, dinámico, coherente y comprensible a fin de asegurar **un alto grado de salud humana y de protección al consumidor**. El principio que guía este Libro es el de que la política de inocuidad de los alimentos debe estar basada en un **enfoque integrado y comprensible**".*

Es importante señalar que otro de los principios que se señalan en el Libro es el enfoque **de precaución** que resulta actualmente muy controvertido. La Comisión Europea adoptó en febrero de 2000 una Comunicación sobre el uso del principio precautorio. La Comunicación señala que el principio precautorio forma parte de un enfoque estructurado de análisis de riesgo. *El principio cubre casos en donde la evidencia científica es insuficiente, inconclusa o incierta y la evaluación científica preliminar indica que hay bases razonables para preocuparse de que los efectos potencialmente peligrosos que se derivan de un fenómeno, producto o proceso sobre el ambiente y la salud humana, animal o vegetal puedan ser inconsistentes con el alto grado de protección escogido por la Comunidad Europea.* Es decir, cuando se considere que los riesgos son demasiado altos para ser impuestos a la sociedad dado el grado de protección escogido. Esta Comunicación, se dice, **complementa** el *Libro Blanco sobre Inocuidad de los Alimentos y el Acuerdo de Montreal relativo al Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad* firmado también en febrero pasado.

El caso más notable relacionado con el principio de precaución ha sido la disputa entre los EE.UU. y la Unión Europea sobre la prohibición europea al uso de las hormonas para el crecimiento del ganado bovino. El Órgano de Apelación no aceptó el argumento europeo basado en el "*principio de precaución*", el cual debería también estar basado en métodos de evaluación de riesgos de organismos internacionales y sólo ser empleado de manera *temporal*.

El plan de la Unión Europea sobre inocuidad alimentaria comprende las acciones siguientes:

1. Medidas prioritarias. Destaca aquí la propuesta relativa al establecimiento de un Organismo Alimentario Europeo.
2. Alimentos para animales
3. Zoonosis
4. Salud animal
5. Subproductos animales
6. Encefalopatía espongiforme bovina
7. Higiene
8. Contaminantes
9. Aditivos y aromatizantes

10. Materiales en contacto con productos alimenticios
11. Nuevos alimentos/Organismos modificados genéticamente
12. Ionización de alimentos
13. Alimentos dietéticos/complementos alimenticios/alimentos enriquecidos
14. Etiquetado de alimentos
15. Pesticidas
16. Nutrición
17. Semillas(OMG)
18. Medidas de apoyo
19. Política relativa a terceros países/relaciones internacionales.

En el ámbito internacional, la *Comisión del Codex Alimentarius* está elaborando códigos de prácticas de higiene tanto para la producción primaria de frutas y hortalizas como para las hortalizas pre-cortadas y los germinados. El *Codex* fue creado en 1962 por un acuerdo conjunto entre la FAO y la Organización Mundial de la Salud y tiene como objetivo fundamental "*guiar y promover la elaboración y establecimiento de definiciones y normas para los alimentos, apoyar su armonización, y al hacerlo facilitar el comercio internacional*". *Codex* es precisamente un código de estándares para los alimentos para todas las naciones que participan dentro de la *Comisión*. El *Codex* protege la salud de los consumidores y asegura prácticas equitativas en el comercio de los alimentos.

México participa de estas reuniones ya que es el país sede para las reuniones del *Comité de Codex de Frutas y Hortalizas Frescas* que se reúne cada 18 meses en la Ciudad de México. El borrador del código de prácticas de higiene para la producción primaria de frutas y hortalizas está siendo elaborado por representantes de los siguientes países. Canadá (responsable del grupo), Argentina, Chile, Dinamarca, Guatemala, Honduras, India, Japón, Reino Unido, EE.UU. y México. La delegación francesa es la responsable de la elaboración del código para precortados con la asistencia de México, Canadá, EE.UU., Uruguay, Países Bajos. La delegación norteamericana es la responsable del código de germinados. En abril de este año se reunieron en Ottawa los tres grupos redactores y representantes de EE.UU., Canadá, Francia, Chile, Suecia, Dinamarca, Reino Unido, Japón y México a fin de integrar un solo documento con los tres

borradores además de incorporar las otras sugerencias hechas al borrador de la producción primaria por los diferentes países en la pasada reunión del Comité de Codex sobre Higiene de los Alimentos celebrada en Washington, D.C. en noviembre de 1999.

El borrador de código de la producción primaria aborda las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de manufactura (BPM) para todas las etapas de la producción de frutas y hortalizas, desde el cultivo hasta el empaçado. Ofrece un marco general de recomendaciones que permite su adopción uniforme por este sector en lugar de ofrecer recomendaciones detalladas para prácticas, operaciones o productos agrícolas específicos. Los temas que toca son los mismos que se anotaron para la Guía norteamericana. El borrador sigue el formato del *Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos - CAC/RCP 1-1969, Rev 3 (1997)* del Codex y debería utilizarse conjuntamente con los *Principios Generales de Higiene de los Alimentos*.

En la reunión 33 del Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos que se verificó en Washington, D.C. en octubre de 2000 se sometieron a consideración los tres borradores de códigos. Se acordó que se integraran en uno solo y se avanzó al paso 5.

¿Cuáles serían a mi juicio los principales retos y problemas que surgen a partir de estas disposiciones sobre la inocuidad de los alimentos?. Mencionaremos algunos de ellos.

En principio México debe atender esta problemática por varias razones.

- Nuestro comercio es principalmente con los EE.UU.
- Somos los principales proveedores de frutas y hortalizas frescas de este mercado por lo que obtenemos cantidades importantes de divisas.
- Las hortalizas son altamente demandantes de mano de obra y en los últimos años esta mano de obra proviene en gran parte de las zonas indígenas. Estos trabajadores desempeñan en la mayoría de los casos sus labores en condiciones muy antihigiénicas y viven también de manera deplorable en los campos agrícolas.
- El cultivo de frutas y hortalizas es una actividad muy densa en términos económicos. Utilizan menos del 10% de la área agrícola cultivada y aportan un 35% del valor de la producción total generado en esta superficie.
- Algunas zonas agrícolas utilizan "aguas negras" para el cultivo de hortalizas.

- Varias de las hortalizas que exportamos son de las más críticas dentro de esta problemática de la inocuidad como son los tomates, fresas, brócoli, lechugas.
- Existe el peligro potencial de que estas medidas puedan ser utilizadas como barreras técnicas al comercio como ya ha sucedido en otros casos.
- Las medidas que necesitan implementarse a fin de minimizar la contaminación microbiana en la producción de frutas y hortalizas pueden elevar los costos de producción y en consecuencia afectar de manera negativa la competitividad de México.
- Obliga al sector productor a diseñar buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manufactura (BPM).
- Plantea una nueva relación entre agricultura y ganadería al ser el estiércol crudo una fuente importante de contaminación microbiana.
- De manera similar ejerce presión sobre el manejo de los animales domésticos, sobre todo de aquellos que intervienen en las labores agrícolas y sobre la fauna silvestre.
- Obliga a cambiar algunas de las prácticas que realiza la agricultura orgánica. Por ejemplo, se prohíbe ya el uso que antes se hacía de aguas residuales en este tipo de agricultura y se imponen restricciones al uso del estiércol crudo.

El agua es uno de los insumos críticos desde el punto de vista de la inocuidad ya que es una de las causas fundamentales de contaminación de las frutas y hortalizas, sobre todo en aquellos casos en que el agua toca las partes comestibles de la planta y por lo tanto las exigencias de calidad del agua de riego agrícola son muy altas. Por ejemplo para el Sistema de Buenas Prácticas Agrícolas de Guanajuato, la buena práctica agrícola con relación al agua de riego establece que debe utilizarse agua que cumpla con la norma NOM-001-ECOL-1996.

En el caso de agua de pozo que tradicionalmente se le consideraba limpia ahora no lo es así. La buena práctica agrícola recomienda analizar microbiológica y químicamente el agua proveniente de los pozos viejos o simplemente no utilizar esta agua.. Ahora se exige también que los trabajadores agrícolas dispongan de agua potable para beber y lavarse las manos. Se deben atender en este caso las normas respectivas de la Secretaría de Salud. De manera similar en el Sistema se recomienda el control de los animales para impedir la contaminación por el estiércol de las fuentes del agua.

La NOM 001 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en bienes nacionales y aguas que pueden ser utilizadas para riego agrícola como ríos y embalses naturales y artificiales. En estos contaminantes se incluyen los *básicos*: grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total; *metales pesados y cianuro*; y contaminantes *patógenos*(coliformes fecales) y *parasitarios*(huevos de helmintos).

El problema del agua es grave ya que su contaminación ha venido aumentando según la Comisión Nacional del Agua debido al crecimiento demográfico, al desarrollo urbano e industrial y al uso irracional del recurso, que han propiciado que se viertan a ríos, canales y cuerpos de agua volúmenes grandes de agua residuales afectando suelos, cultivos y la salud humana y animal. Se estima que un 75% de las aguas superficiales del país están entre contaminadas y excesivamente contaminadas. ¿Cómo controlar su calidad sobre todo si es agua rodada o se desconoce su origen?.

El 31 de octubre de 2000, la entonces SAGAR (hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA) emitió una norma oficial mexicana, con carácter de emergencia, en donde se incluían los requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas(NOM-EM-034-FITO-2000).

La agricultura está ante retos importantes a los que no se había enfrentado antes ya que se trata de minimizar riesgos microbianos en espacios abiertos y en donde se manejan aguas, estiércoles, animales domésticos, de tiro y silvestres y en donde existe también la presencia de trabajadores agrícolas, todos ellos con la potencialidad de contaminar las frutas y hortalizas que se están cultivando. Otra de las causas fundamentales de contaminación lo constituye las heces fecales de los animales y de los humanos de aquí la necesidad de implementar buenas prácticas agrícolas para el manejo de estiércoles en la agricultura(composteo, no aplicar estiércol crudo, alargar el tiempo entre la aplicación del estiércol y la cosecha, por ejemplo). ¿Qué hacer con las heces fecales de los animales de tiro que participan en el cultivo?. ¿Qué medidas tomar respecto a

los animales silvestres que invaden y defecan en el campo de cultivo? ¿Cómo minimizar el riesgo de contaminación proveniente del estiércol de explotaciones ganaderas adyacentes que puede ser arrastrado al cultivo de hortalizas?.

Aparte de las hortalizas los cereales enfrentan también problemas relacionados con la inocuidad que tienen que ver con la presencia de micotoxinas. En el caso del sector pecuario los problemas más conocidos actualmente son los ya mencionados de las hormonas y *Salmonelas* en huevo y pollos y la encefalopatía espongiiforme (vacas locas) sólo por citar algunos.

Todo esto obliga a diseñar un esquema diferente para hacer y enseñar agricultura. En este sentido es un reto importante para todos aquellos que de alguna manera tienen que ver con el sector agrícola y por ahora fundamentalmente con la actividad exportadora pero en un mediano plazo también con la producción para el mercado doméstico.

A partir del 10 de julio de 2001, la SAGARPA adquiere competencia en Inocuidad Alimentaria, expresada en el Reglamento Interior de la SAGARPA y posteriormente en la Ley Federal de Desarrollo Rural Sustentable, estableciendo atribuciones específicas para el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Entre sus principales atribuciones están las siguientes: establecer políticas, lineamientos, programas y estrategias que coadyuven a mejorar la inocuidad de los alimentos de origen animal, vegetal, acuícola y pesquero; proponer reglamentos y normas relacionadas con la inocuidad de los alimentos; y verificar y constatar la inocuidad de los productos agrícolas, pecuarios, acuícolas y pesqueros que se introducen al país o se movilizan en el mismo. Los objetivos del Servicio son los siguientes: asegurar que los alimentos de origen vegetal, animal, acuícola y pesquero, sean inocuos y de calidad para los consumidores; y promover, asegurar y facilitar el acceso de los alimentos a los mercados nacionales e internacionales, al cumplir con los estándares sanitarios. Existe también un programa de apoyo a los productores agropecuarios en Alianza para el Campo.

De manera similar se ha establecido una oficina para la prevención de riesgos sanitarios en la Secretaría de Salud.

BIBLIOGRAFÍA

- Bohach, C.H., Personal Communication regarding survival of *E. coli* in sheep manure. 1 de Diciembre de 1997.
- CDC. Multistate outbreak of *Salmonella* serotype Montevideo infections. EPI-AID 93-79, 1993.
- Dunlop, S.G. and W.L.L Wang. Studies on the Use of Sewage Effluent for Irrigation of Truck Crops, *Journal of Milk Food Technology* 24:44-47, 1961.
- "Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Fresh Produce", informe del Comité Consultivo Nacional sobre Criterios Microbiológicos en los Alimentos (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods), 5 de Mayo de 1998.
- Minnesota Department of Health, Foodborne and Waterborne Outbreak Summary, 1995.
- Norman, N.N. and P.W. Kabler, Bacteriological Study of Irrigated Vegetables. *Sewage and Industrial Wastes* 25:605-609, 1953.
- The White House. "Memorandum for the Secretary of Health and Human Services, The Secretary of Agriculture," 2 de Octubre de 1997.
- The White House. Office of the Press Secretary. "Radio Address of the President to the Nation" 25 de Enero de 1997.
- U.S. Environmental Protection Agency, Department of Health and Human Services, and US Department of Agriculture "Food Safety from Farm to Table: A National Food-Safety Initiative -A Report to the President," Mayo de 1997.
- U.S. Public Health Service, FDA. 1997 Food Code, US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Washington, DC 20204.
- Wang, W., Zhao, and M.P. Doyle. Fate of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces. *Journal of Applied and Environmental Microbiology* 62: No. 7, 1996.
- Weltman, A.C., N. M. Bennett, D. A. Ackman et. al. An outbreak of hepatitis A associated with a bakery, New York, 1994. The "West Branch, Michigan" outbreak repeated, *Epidemiol. Infect.* 117:333-341, 1996.

- Wood, R.C., C Hedburg, and K White. A multistate outbreak of *Salmonella javiana* Associated with raw tomatoes Abstract Epidemic Intelligence Service 40th Ann Conference, CDC, Atlanta,GA, 1991.
- Zepp, G. F Kuchler y G. Lucier, "Food safety and fresh fruits and vegetables: is there a difference between imported and domestically produced products?" *Vegetables and Specialties, Situation and Outlook Report*, ERS/USDA, VGS-274.23-28, Abril de 1998.
- Zhuang, R.- Y., L R Beuchat y F J Angulo Fate of *Salmonella montevideo* on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine Applied Environmental Microbiology 612127-2131,1995

CAPITULO V

UTILIZACION DE PLASTICOS PARA LA ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL SUELO

Dr. Florencio Jiménez Díaz¹ , Ph.D. Enrique Salazar Sosa².

1. Investigador del Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila.
2. Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. E-Mail: ENMAGEEL1@YAHOO.ES

INTRODUCCIÓN

Las tendencias de los sistemas de producción agrícola altamente intensiva implican la utilización de una gran cantidad de insumos entre los que se encuentran fertilizantes inorgánicos, insecticidas para el control de plagas, fungicidas para el control de enfermedades y fumigantes del suelo para la eliminación de microorganismos patógenos del suelo y semilla de maleza.

A través de los años este sistema agrícola ha tendido a favorecer el incremento de inculo de patógenos nativos del suelo debido principalmente a la práctica de monocultivo, lo cual ha obligado a la utilización de compuestos químicos dirigidos al suelo que permitan una fumigación del mismo y la eliminación efectiva de los patógenos. El fumigante de suelo más ampliamente utilizado a través de los años ha sido el Bromuro de Metilo, sin embargo, este producto ha sido recientemente incluido en la lista de sustancias controladas, ya que dado su contenido de bromo dentro de su estructura y a sus propiedades físicas y químicas que le permiten llegar a altas capas de la atmósfera interactuando con el ozono de la estratosfera (Castronovo, 1999).

La eliminación del Bromuro de Metilo dio lugar a la búsqueda de nuevas estrategias que sean utilizadas como alternativas eficientes en el manejo de patógenos del suelo, entre los cuales se encuentra la Técnica de Solarización.

Se ha demostrado que los patógenos del suelo, como todos los seres vivos, responden a la acción de la temperatura, mostrando un óptimo de crecimiento en un rango del 18 a 24°C, mientras que temperaturas debajo de éste limitan su crecimiento al no permitir la germinación de las estructuras de descanso. Temperaturas arriba de este valor hasta alrededor de 38°C afectan negativamente el crecimiento del hongo, mientras que temperaturas superiores degradan por completo las estructuras de descanso e infectivas.

El principio del efecto negativo de las altas temperaturas sobre los patógenos del suelo dio lugar al uso de calor para fumigación de suelos, sin embargo, las fuentes de calor tradicionalmente utilizadas fue el vapor de agua o el aire caliente producido en la generalidad de los casos por un generador eléctrico. Esta metodología presenta como principal limitante que solo puede ser utilizada para el tratamiento en cantidades de suelo relativamente pequeñas, en contenedores y por lo regular sustratos utilizados en invernadero.

El pensar continuo por el hombre con el fin de aplicar los efectos negativos del calor sobre los microorganismos del suelo dio lugar a utilizar un producto común como es el polietileno (o plástico) como herramienta para favorecer el calentamiento del suelo al hacer uso de sus propiedades de transmisión de calor, permeabilidad y larga duración, éste se ha convertido en un insumo de amplia utilización en el sector agrícola.

Para el control de patógenos del suelo, el uso del polietileno ha permitido el desarrollo de la técnica conocida como Solarización del Suelo, la cual ha permitido contar con un método de esterilización del mismo bajo condiciones comerciales y de amplia extensión de superficies, ofreciendo las posibilidades de contar en el futuro con nuevos materiales de plástico con mejores características para su uso.

DESCRIPCION DE LA TECNICA

La Técnica de Solarización consiste en cubrir el terreno agrícola con una capa de polietileno transparente con el fin de incrementar la temperatura del mismo a niveles que resultan letales para los microorganismos habitantes del mismo. El polietileno mas comúnmente utilizado es de 50 micras de espesor, éste debe de colocarse lo mas pegado al suelo con el fin de evitar la formación

de bolsas de aire que interfieran con el calentamiento del suelo, se debe de anclar al suelo en cada orilla de la pieza de plástico lo más firmemente posible para evitar que sea removido por el viento y debe de permanecer en el suelo de 6 a 12 semanas. El período de tratamiento debe de coincidir con la época más caliente del año y con mayor radiación solar, menor número de días nublados y menor período de lluvias.

Para llevar a cabo la Técnica de Solarización se deben de seguir los siguientes pasos:

- 1. El terreno sobre el cual se va a establecer el cultivo se debe de preparar de la mejor manera posible.** Si el terreno se va a utilizar para producción en invernadero, ya sea de flores o de hortalizas como tomate, chile o pepino, se recomienda solarizarlo por completo, ya que generalmente estas superficies no son mayores de 1.0 hectárea. Si el invernadero ya está construido o se encuentra en proceso de construcción se puede utilizar tractores medianos con un subsuelo tratando de romper la capa dura de suelo que generalmente se encuentra presente a 40 cm de profundidad; esto es importante, ya que bajo invernadero se tratará de romper el suelo directo en la línea donde se establecerán las plantas con el fin de permitir el libre crecimiento de la raíz a una mayor profundidad, considerando que la mayoría de los casos estos cultivos duran establecidos hasta por un periodo de 10 meses. Después del subsuelo se debe de utilizar uno o dos pasos de arado con el fin de romper la capa superficial del suelo y destruir los terrones y residuos de cultivos anteriores. Generalmente las operaciones de preparación de terreno dentro de un invernadero se deben de hacer antes de la construcción del mismo (antes de colocar las estructuras internas de soporte) o bien en el período de verano dedicado a mantenimiento durante el cual se cambia el plástico del techo.

Bajo condiciones de cielo abierto y en grandes extensiones de terreno se sigue con el mismo procedimiento de preparación de terreno que consiste en uso de arado (uno o dos pasos) seguido de dos pasos de rastra de discos con el fin de destruir terrones y residuos de cosecha, nivelación del terreno y trazo de camas o melgas, según el cultivo a establecer.

- 2. Aplicación de agua de riego.** Después de preparar el terreno es necesario aplicar el riego suficiente para que la humedad profundice por lo menos a 30 cm. El agua es necesaria debido a que activa la germinación de las estructuras de descanso de los hongos y de la semilla de maleza presente en el suelo, lo cual hace que aumente su susceptibilidad al daño por calor. La humedad presente en el suelo permite una mejor conducción del calor hasta una profundidad

mayor, ya que la presencia de agua llena los poros del suelo, mientras que en un suelo seco el incremento de temperatura es menor debido a los espacios de aire presentes.

- 3. Colocación del plástico.** La colocación de la capa de plástico puede hacerse manual o con maquinaria. De manera manual se procede primero a colocar la primera franja de plástico en una de las orillas del terreno, procediendo a hacer un surco pequeño con un azadón, colocar la orilla del plástico y cubrir con el mismo suelo. Inmediatamente se coloca sobre esta primera capa la segunda capa de plástico, tratando de que la parte final de la primera y la parte inicial de la segunda queden alineadas. Se cava un surco pequeño con el azadón, se colocan las orillas de las dos capas de plástico y se procede a depositar el suelo sobre de ellas para favorecer el anclaje, después de esto se extiende la capa de arriba sobre la siguiente superficie de suelo y así se procede continuamente hasta cubrir todo el suelo. Para la colocación mecánica se utilizan máquinas tipo acolchadoras con el único requisito de que lo ancho de la máquina sea mayor que lo ancho de las ruedas del tractor, esto con el fin de favorecer el movimiento de ida y vuelta del tractor y la colocación y anclaje de las franjas de plástico sin dejar áreas de suelo sin solarizar.

- 4. Duración del tratamiento.** Bajo condiciones óptimas de condiciones de clima se ha comprobado que en 6 semanas de duración es suficiente, sin embargo se recomienda que para mayor seguridad y si el período de siembra lo permite se mantenga hasta por 12 semanas. Una vez terminado el tratamiento, los plásticos se pueden retirar, lo cual se puede hacer manualmente para luego colocar el material en montones a cada 30 m de distancia para luego pasar un remolque y llevarlo a un depósito para entregarlo con el fin de reciclarlo. El retiro del plástico se puede hacer con maquinaria enrollando la franja en un carrete pegado al tractor y transportándolo para su reciclaje.

El plástico puede permanecer en el terreno después de la solarización y utilizarse como acolchado, para lo cual se realizan perforaciones en los lugares donde se establecerá el transplante (cada 20 o 30 cm), se puede "encalar" para evitar la reflexión de los rayos solares y conservarse hasta la cosecha.

USO DE SOLARIZACION EN AGRICULTURA ORGANICA

La técnica de solarización del suelo se adapta a los diferentes requerimientos de la agricultura orgánica, ésta puede ser utilizada en los procesos de preparación de compostas de todo tipo, pero sobre todo al fomentar los procesos de fermentación durante el procesado del estiércol bajo algunas metodologías de composteo, lo cual favorece el incremento de las temperaturas y la eliminación de microorganismos y semilla de maleza presentes normalmente en el mismo.

El tratamiento de solarización puede ser aplicado directamente al suelo después de la incorporación del estiércol de bovino o gallinaza para ayudar a la degradación de la misma y a una incorporación rápida de los nutrientes en el suelo, lo cual favorecerá a un mayor enriquecimiento del contenido de materia orgánica del suelo y al mejoramiento de sus propiedades generales.

La solarización representa una alternativa prometedora para su integración en los sistemas comerciales de producción orgánica, ya que una de sus ventajas principales es la no contaminación del medio ambiente, así como su efectividad cuando se incluye en los programas de manejo integrado de los cultivos.

SOLARIZACION PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO

La técnica de solarización ha probado ser efectiva para el control de un sinnúmero de patógenos que viven en el suelo, lo cual ha sido consignado extensivamente en la literatura.

La temperatura del suelo aumentó en suelo húmedo cubierto con plástico transparente durante 6 semanas en los meses calientes del año. En la primavera siguiente se sembró cacahuete, resultando en una disminución significativa de plantas enfermas por *Sclerotium rolfsii* y presencia de malezas y un aumento de 52.8% y 123.5% en el rendimiento total y en la calidad del cultivo respectivamente. El calentamiento del suelo debido al plástico redujo la colonización de las vainas por *Aspergillus* spp. (Grinstein et al, 1979).

Se utilizó polietileno transparente de .03 mm (30 um) de espesor para cubrir un suelo previamente irrigado durante los meses de julio a agosto. El *Verticillium dahliae* fue eliminado a una profundidad de 0 a 25 cm después de someter el suelo a 2 semanas bajo tratamiento. La población de *Fusarium oxysporum* f sp *lycopersici* (Sheld.) Snyder y Hansen fue reducida en 94 a 100% a 5 cm, 68 a 100% a 15 cm y 54 a 63% a 25 cm de profundidad. Las temperaturas máximas en el suelo cubierto fluctuaron de 49 a 52°C a 5 cm y alcanzaron 42°C a 15 cm de profundidad. En

experimentos de campo con berenjena y tomate se redujo la marchitez por *Verticillium* de 25 a 95%, además la maleza fue controlada y mejoró el crecimiento y rendimiento de las plantas (Katan *et al.* 1976).

Se probó la efectividad del calentamiento solar del suelo cubierto con polietileno transparente para controlar hongos que atacan al cultivo de la cebolla. El calentamiento solar redujo la incidencia y severidad de la pudrición rosada causada por *Pyrenochaeta terrestris* en un 73-100% durante los siguientes 7 meses de crecimiento de las plantas después del tratamiento. La infección por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* y malezas fue también reducida considerablemente (Katan *et al.* 1980).

La temperatura aumentó de 36 a 48°C en suelo húmedo cubierto con polietileno en los 5 cm de suelo superficial. La temperatura fluctuó de 44 y 52°C en un suelo seco a esta profundidad, de 4 a 20 cm de profundidad la temperatura se incrementó de 32 a 38°C en suelo húmedo y de 35 a 39°C en suelo seco cubierto con polietileno. *Sclerotium oryzae* Catt. Inoculado artificialmente perdió de 95 a 100% de la viabilidad de los esclerocios (Haroon y Ghaffar, 1982).

Se logró un excelente control del nemátodo *Ditylenchus dipsaci* en el cultivo del ajo, cubriendo el terreno con polietileno transparente. Dicho control fue similar al logrado con bromuro de metilo (Siti *et al.* 1982).

Se determinó el efecto de cubrir el suelo con polietileno transparente durante 4 semanas en la viabilidad de patógenos de plantas. En este experimento ellos utilizaron *Fusarium oxysporum* (Sheld.) Snyder y Hansen, *Pythium irregulare*, *Plasmodiophora brassicae* Wor., *Sclerotium cepivorum* Berkeley, *S. rolfsii* Saccardo, *Sclerotinia minor* Jagger, *Verticillium dahliae* y los nemátodos *Macropostonia xenoplax* Raski, *Meloidogyne javanica* (Trueb) Chitwood, *Pratylenchus penetrans* (Cobb) Filipjer & Stekhoven y *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. Pruebas preliminares demostraron que los patógenos murieron a temperaturas en el rango de 38 a 55°C. Los organismos más sensitivos al tratamiento fueron los nemátodos y los hongos *V. dahliae*, *S. cepivorum* y *S. minor*, mientras que *F. oxysporum*, *P. irregulare* y *P. brassicae* fueron los menos sensitivos (Porter y Merriman, 1982).

Se probó la eficiencia de solarización del suelo con polietileno transparente para controlar *Verticillium dahliae* y *Pratylenchus thornei* Sher & Allen. El suelo fue irrigado y cubierto con polietileno de 0.04 mm de espesor por 31 días y conservado húmedo, posteriormente se efectuó una

siembra de papa en el terreno tratado. El tratamiento de solarización eliminó los microesclerocios de *V. dahliae*, disminuyó el índice de enfermedad en un 96 a 99% y la población de *P. thorei* en un 80 a 100%, controló las malezas y aumentó el rendimiento en un 35% en relación con el testigo (Grinstein *et al.* 1979).

Se utilizó la cobertura del suelo con polietileno transparente para el control de patógenos del suelo. Durante el tratamiento el suelo fue irrigado con 5 a 10 cm de agua. Las temperaturas fueron consistentemente más altas en suelos cubiertos con plásticos que en los descubiertos y fueron letales para muchos hongos. *Rhizoctonia solani* fue eliminado de los 15 cm de la parte superficial del suelo después de 2 semanas de tratamiento. *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp. y *Thielaviopsis basicola* (Bert & Broome) Ferraris fueron esencialmente erradicados a una profundidad de 46 cm en suelo cubierto por cuatro semanas (Pullman *et al.*, 1979, 1980).

Se realizó un experimento consistente en cubrir el suelo húmedo con polietileno transparente por un período de 4 semanas y media durante el verano para evaluar el comportamiento de fitopatógenos a las altas temperaturas del suelo. Encontraron que las poblaciones de especies de *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, bacterias Gram positivas y hongos fueron reducidas inmediatamente después del tratamiento y permanecieron significativamente disminuidas después de 6 y 12 meses. (Stapleton y DeVay, 1982).

La solarización en viveros forestales se recomienda como una práctica simple, efectiva, no tóxica y no contaminante para el control de patógenos del suelo. Mediante esta técnica se reducen significativamente enfermedades radicales pre-emergentes en *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus obliqua* Decne y la mortalidad de plántulas después de emergencia de *P. radiata*, eliminando hongos como *Phytophthora cinnamomi* Rands, *Fusarium oxysporum* y *Pythium* spp. (Kassaby, 1985)

La formación de clamidosporas del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* se eliminó en suelos solarizados, notando también un incremento de bacterias que parasitan a *Sclerotium rolfsii* y una menor incidencia de plantas de frijol y tomate afectadas por estos patógenos del suelo (Greenberger *et al.*, 1987).

En una amplia revisión de literatura se determinó que desde el primer reporte de la solarización en 1976 hasta 1987 se publicaron 173 artículos de experimentación con esta técnica relacionadas al control de patógenos, nemátodos, maleza y efectos en el rendimiento de los cultivos, provenientes de una amplia gama de países y publicadas en revistas de diferentes idiomas (Katan *et al.*, 1987).

Se utilizó una temperatura de 38 a 42°C como dosis subletal aplicada a conidias y clamidiosporas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* ocasionando una reducción de hasta el 33% en su viabilidad y resultando en un efecto de debilitamiento en la sobrevivencia de los propágulos, el cual se expresó como retardo en la germinación, reducción en el crecimiento del tubo germinativo de conidias y clamidiosporas y en una disminución de la densidad de población en el suelo (Freeman y Katan, 1988).

Al solarizar un suelo con el sistema de riego en surcos se controló de manera efectiva la enfermedad conocida como raíz corchosa y nodulaciones de la raíz en tomate, controlando de la misma manera al nemátodo *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira durante un período de 60 días después de la siembra (Abdel-Rahim *et al.* 1988).

Se realizaron estudios de solarización donde se alcanzaron temperaturas de 45°C a profundidad de 15 cm, detectando actividad de *Phytophthora cinnamomi* en el suelo después de 2 semanas a 30 cm de profundidad o después de 4 semanas a 45 cm. *P. cactorum* (Leb y Cohn) Schr. Resistió los efectos de la solarización a las profundidades de 30 y 45 cm pero fue eliminada a 15 cm a las 2 semanas. Algunos propágulos de *P. megasperma* sobrevivieron el tratamiento (Juárez, *et al.* 1991).

Se combinó la introducción del hongo antagónico *Gliocladium virens* con la solarización encontrando que *G. virens* redujo significativamente el número de esclerocios de *Sclerothium rolfsii* hasta en un 100% a una profundidad de 30 cm, mientras que el tratamiento de solarización solo disminuyó el número de esclerocios en un 62%. Cuando se combinaron los tratamientos la incidencia de la enfermedad se redujo en un 49% (Ristaino *et al.* 1991).

La solarización del suelo fue aplicada durante períodos de 1 y 2 meses logrando reducir drásticamente los síntomas causados por *Clavibacter michiganensis* Bant a través de un año en el cultivo del tomate (Tjanos *et al.* 1992).

La solarización de suelo sola o combinada con gallinaza controló satisfactoriamente a *Pythium ultimum* Pringsheim, suprimiendo el crecimiento de éste y otros hongos durante 2 ciclos sucesivos del cultivo de la lechuga (Gamliel y Stapleton, 1993).

Se llevaron a cabo trabajos de solarización durante 32 a 49 días encontrando una disminución significativa en la densidad de *Phytophthora nicotianae* y *Pseudomonas solanacearum*

E.F. Sm. a una profundidad de 15 y 25 cm. La población de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* y sp. *lycopersici* después de solarización solamente se afectó a los 5 cm de profundidad en el suelo (Chellemi, *et al.* 1994).

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS SOBRE EL DESARROLLO Y VIABILIDAD DE PATÓGENOS QUE SOBREVIVEN EN EL SUELO

Phymatotrichum omnivorum crece más rápidamente a temperatura de 29°C. El hongo crece y produce esclerocio en un rango de 15 a 35°C, pero el máximo rendimiento de esclerocios se obtiene a temperaturas de 28°C (Lyda, 1978).

El hongo *Verticillium dahliae* se desarrolla más rápidamente a 25 °C bajo condiciones de laboratorio y temperaturas de 30 a 33°C inhiben la formación de microesclerocios del hongo (Castrejón, 1973). En experimentos realizados en el laboratorio se determinó que temperaturas de 37-50°C fueron letales para el micelio, esporas y microesclerocios de este patógeno. Un tiempo de exposición de 28.8 días a 37°C fue considerado dosis letal para este hongo (Pullman *et al.* 1981).

Las especies del hongo *Fusarium* han sido reconocidas como el clima caliente. Se sabe que la enfermedad causada por este hongo progresa más favorablemente en estas condiciones. En medio de cultivo (PDA) el hongo crece en un rango de 9 a 37°C como óptimo crecimiento a 28°C. En condiciones naturales este hongo creció mejor en un rango de 24 a 31°C. El hongo no creció en suelo a temperaturas mayores de 34°C o menores de 20°C (Walker, 1969, Walker, 1971).

En algunas especies de *Phytophthora* la conidia es formada a una humedad relativa de 91% con un óptimo de 100% y a un rango de temperatura de 3 a 26°C con un óptimo de 18 a 22°C. La temperatura óptima para la formación de zoosporas es 12°C, para la formación de tubo germinativo de la esporangia es 25°C. Las zoosporas germinan más rápidamente de 12 a 15°C (Walker, 1969).

Para la mayoría de especies de nemátodos la temperatura del suelo, humedad y aereación afectan su sobrevivencia y movimiento. En general se ha determinado que una temperatura de 20°C y un contenido de humedad del suelo de 25 a 80% son favorables para su desarrollo (Agrios, 1978, Jenkins and Taylor, 1967).

EFFECTO DE LA SOLARIZACION SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA PLANTA

Experimentos de campo han demostrado que el crecimiento de plantas se ve favorecido en suelos calentados por efecto de la retención de calor y humedad del polietileno aún en la ausencia de patógenos. Plántulas de tomate establecidas en muestras de suelo tratado mostraron mayor crecimiento que plántulas creciendo en suelo no tratado (Chen and Katan, 1980). En experimentos para determinar el efecto de solarización sobre el contenido de nitrógeno en el suelo se encontró que el máximo rendimiento de tomate (29.8 ton/ha) se obtuvo con 60 kg/ha de N en suelo tratado, mientras que en suelo no tratado, para obtener el máximo rendimiento (25.6 ton/ha) se requirió de 138 kg/ha de N (Jones *et al.* 1977).

El maíz sembrado en suelo previamente tratado con polietileno transparente mostró un crecimiento más rápido y produjo más temprano y mayores rendimientos que un maíz cultivado en suelo sin tratar o cubierto con polietileno negro (Hopen, 1965). Se han obtenido rendimientos más altos de ajo en suelos tratados con polietileno transparente para el control de patógenos que cuando se trató con bromuro de metilo y con dibromuro de etileno (Siti *et al.*, 1982). El crecimiento de las plantas y el rendimiento de cebolla se aumentaron en un 109 a 125% al utilizarse cobertura del suelo con polietileno transparente en relación al testigo sin cobertura (Katan *et al.* 1980).

La solarización del suelo mejoró el crecimiento de las plantas y aumentó el rendimiento en un 25-432 % en frijol, cebolla y tomate en varios tipos de suelo (Abdel-Rahim *et al.*, 1988). De la misma manera se observó un aumento en el crecimiento expresado como aumento en el peso seco de tomate en suelos solarizados aún en la ausencia de patógenos conocidos. Los análisis de regresión mostraron una relación inversa significativa entre el pH del suelo y el aumento en el crecimiento de las plantas (Gamliel and Katan, 1991). El rendimiento de lechuga aumentó significativamente en suelos solarizados en cultivos sucesivos de otoño y primavera, sin embargo en los suelos en donde se aplicó gallinaza después de solarizado se notó un efecto inhibitorio en el crecimiento y rendimiento en el cultivo de otoño (Gamliel and Stapleton, 1993).

Al cubrir el suelo con plástico transparente durante un mes se obtuvo un incremento en el rendimiento de chile del 20%. Cuando el plástico no se removió, se dejó como acolchado y se pintó, el incremento fue de hasta 53% comparado con el testigo sin solarizar (Hartz *et al.*, 1985). El rendimiento de fresa se incrementó en un 12% en suelo solarizado, mientras que cuando se combinó con fumigantes del suelo aumentó a 29% (Harts *et al.* 1993).

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Rahim-M.F., Saatour, M.M., Mickail, K.Y., El-Eraki, S.A., Grinstein, A., Chew, Y. and Katan, J. 1988. Effectiveness of soil solarization in furrow-irrigated egyptian soils. *Plant Disease* 72:143-146.
- Agrios, N.G. 1978. *Plant Pathology*. Academic Press. 703 pp.
- Castrejón, S.A. 1973. Identificación de especies y razas fisiológicas de *Verticillium* aislado en la Comarca Lagunera. Informe anual de investigación agrícola.
- Castronovo, S.F. 1999. Implementación del Protocolo de Montreal en México para el uso de Bromuro de Metilo. V Congreso Intl. de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Puerto Vallarta, Jalisco, México. p. 19-21.
- Chellemi, D.O., Olson, S.M. and Mitchell, D.J. 1994. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in northern Florida. *Plant Disease* 78:1167-1172.
- Chen, Y. and Katan, J. 1980. Effects of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science* 130:271-277.
- Freeman, S. and Katan, J. 1988. Weakenings effect on propagules of *Fusarium* by sublethal heating. *Phytopathology* 78:1656-1661.
- Gamliel, A. and Stapleton, J.J. 1993. Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth. *Plant Disease* 77:886-891.
- Greenberger, A., Yoger, A. and Katan, J. 1987. Induced suppressiveness in solarized soils. *Phytopathology* 77:1663-1667.
- Grinstein, A., Orions, D., Greenberger, A. and Katan, J. 1979. Solar heating of the soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thornei* in potatoes. Pages 431-438. In: B. Shippers and W. Gams Eds. *Soilborne Plant Pathogens*. Academic Press. London. 686 pp.
- Haroon, S.M. and Ghaffar, A. 1982. Polyethylene mullching of soil to reduce viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae*. *Soil Biol. Biochem.* 14:203-206.
- Hartz, T.K., Bogle, C.R. and Villalon, B. 1985. Response of pepper and muskmelon to row solarization. *Hort Science* 20:699-701.
- Hartz, T.K., DeVay, J.E. and Elmore, C.L. 1993. Solarization is an effective soil desinfestation technique for strawberry production. *Hort Science* 28:104-106.

- Hopen, H.C. 1965. Effects of black and transparent polyethylene mulches on soil temperature, sweet corn growth and maturity in a cool growing season. American Society for Horticultural Science. 86:415-420.
- Jenking, W.R. and Taylor, D.P. 1967. Plant Nematology. Reinhold Publishing Corporation. 270 p.
- Jones, T.L., Jones, U.S. and Ezell, D.O. 1977. Effect of nitrogen and plastic mulch on properties of troup loamy sand and on yield of "Walter" tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:237-275.
- Juárez-Palacios, C. Félix-Gastellum, R., Wakeman, R.J., Paplomatas, E.J. and DeVay, J.E. 1991. Thermal sensitivity of three species of *Phytophthora* and the effect of soil solarization on their survival. Plant Disease 75:1160-1165.
- Kassaby, F.Y. 1985. Solar-heating soil for control of damping-off diseases. Soil Biol. Biochem. 17:429-434.
- Katan, J., Greenberger, A., Alon, H. and Grinstein, A. 1976. Soil heating by polyethylene mulching for the control of disease caused by soil-borne pathogens. Phytopathology 66:683-688.
- Katan, J., Rotem, I., Finkel, Y. and Daniel, J. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases in onions. Phythoparasitica 8:39-50.
- Katan, J., Grinstein, A., Greenberger, A., Yarden, O. and DeVay, J.E. 1987. The first decade (1976-1986) of soil solarization (solar heating): A chronological bibliography. Phytoparasitica 15:229-255.
- Lyda, S.D. 1978. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*. Ann. Rev. Phytopathol. 16:193-209.
- Porter, I.J. and Merriman, P.P. 1982. Effects of solarization of soil on nematode and fungal pathogens at two sites in Vitoria. Soil Biol. Biochem. 15:39-44.
- Pullman, G.S., DeVay, J.E., Garber, R.H. and Winhold, A.R. 1979. Control of soil-borne fungal pathogens by plastic tarping of soil. Pages 439-446 in: B. Shippers and W. Gams Eds. Soilborne Plant Pathogens. Academic Press. London. 686 pp.
- Pullman, G.S., DeVay, J.E., Garber, R.H. and Winhold, A.R. 1981. Soil solarization: Effects on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* and *Thielaviopsis basicola*. Phytopathology 71:954-959.
- Pullman, G.S., DeVay, J.E., Garber, R.H. and Winhold, a.R. 1981. Soil solarization and thermal death: A logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. Phytopathology 71:959-964.
- Ristaino, J.B., Perry, K.B. and Lumsden, R.D. 1991. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. Phytopathology 81:1117-1124.

-
- Siti, E., Cohn, E., Katan, J. and Mordechai, M. 1982. Control of *Ditylenchus dipsaci* in garlic by bulb and soil treatments. *Phytoparasitica* 10:93-100.
- Stapleton, J.J. and DeVay, J.E. 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings. *Phytopathology* 72:323.326.
- Tjamos, E.C., Polyama, A. and Panagopoulos, C.G. 1992. Control of bacterial canker of tomato by application of soil solarization (Abstract). *Phytopathology* 82:1076.
- Walker, J.C. 1969. *Plant Pathology*. McGraw-Hill Book Company.
- Walker, J.C. 1971. *Fusarium wilt of tomato*. Monograph N° 6. The American Phytopathological Society. 56 pp.

CAPITULO VI

PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS CON DOS ESPECIES DE LOMBRICES EN DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez¹, Ph. D. Enrique Salazar Sosa¹, MC. Héctor Idilio Trejo Escareño²

1 Maestro Investigador de la División de Estudios de Posgrado. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 1-142. CP. 35000. Gómez Palacio, Dgo. México.

2. Alumno de la División de Estudios de Posgrado de la FAZ-UJED.

INTRODUCCIÓN

Los suelos en México han sufrido un deterioro en los últimos 20 años, debido al incremento en la utilización de insumos de todo tipo. La utilización de compuestos orgánicos es una alternativa para elevar la producción agrícola, el manejo de plagas y la conservación de los suelos a costos más bajos que los tradicionales con los consiguientes beneficios para los agricultores en general. Por lo anterior se ha demostrado que la lombricultura tiene un gran potencial para el manejo de desechos orgánicos al alimentar lombrices con estiércol animal obteniendo un kilo (peso fresco) de lombrices por cada dos kilos (peso seco) de estiércol (Fosgate y Babb, 1972).

Existen referencias que muestran que el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de desechos orgánicos aporta beneficios de la siguiente manera: a) aprovechado las características nocivas de los desechos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre, b). Con especies domesticadas se alcanzan en poco tiempo altas densidades de población debido a su rápida reproducción y fácil manejo en camas c). Obtención de útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos (ácidos

húmicos y fúlvico) así como composta, d). Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteínas para alimentación animal y humana (Sabine, 1983).

La Lombricultura es una de las actividades que la agricultura orgánica sustentable ha tomado como alternativa para la producción de fertilizantes orgánicos de alta calidad a bajos precios. Desde el siglo pasado, se han hecho estudios básicos sobre la función de las lombrices en el suelo así como sus efectos. En la actualidad no se le da la debida importancia que tiene ésta actividad en la producción de vegetales (Santamaría, 1996).

Otra de las importancias que reviste esta actividad es la producción de proteína, que puede emplearse en la alimentación humana y animal. Con el empleo de especies de lombrices domesticadas en la lombricultura, se pueden obtener en áreas pequeñas y con el mínimo de costo, volúmenes altos de carne, como ninguna otra actividad pecuaria lo logra. Por todo lo anterior, este proyecto tiene como fin, valorar factores cualitativos y cuantitativos en esta actividad, para determinar su viabilidad dentro de Agricultura Orgánica sustentable.

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo que no presenta problemas de sobre dosificación, aún en aquellos casos en que se lo utiliza puro, como medio de cultivo para plantines. Además, debido a que se incrementa la población de lombrices en la lombricultura se obtienen proteínas de alta digestibilidad adecuadas para el consumo animal.

“La fundación Biosfera realiza diversos ensayos de implantación de poblaciones de las lombrices *Eisenia foetida* en las provincias de Buenos Aires y Tierra del Fuego, con miras al procesamiento de los residuos sólidos urbanos que moviliza el sistema comunal de recolección, para lograr la reconversión de la fracción compostable, que resulta del 30 al 85 % por ciento del volumen de los residuos”, concluye el investigador (Pasquoli, 1998).

Por todo lo anterior, esta investigación tiene como objetivos determinar la calidad y cantidad de los fertilizantes orgánicos que producen las dos especies de lombrices, así como también determinar el medio de cultivo adecuado para cada especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se estableció en la FAZ, localizada en el Km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, en el Ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio en el estado de Durango.

Los lugares en donde se depositaron las mezclas de desechos fueron contenedores con medidas de madera contruidos a nivel del suelo, los que almacenaron un total de 90 kg en peso seco en total. En cada uno de ellos están las mezclas de desechos orgánicos estabilizadas hasta llegar al punto de poder ser consumidos por las lombrices.

Los contenedores (camas) se construyen en un lugar que presente características apropiadas de textura, pendiente y en un área sombreada para así poder mantener una temperatura estable. Los desechos que se utilizaron en este proyecto son de origen animal y vegetal los cuales fueron: Aserrín de madera, estiércol vacuno, paja de maíz (rastroy), desperdicios vegetales, estiércol caprino, estiércol de cerdo y gallinaza. Las mezclas se prepararon pesando los ingredientes respectivos de acuerdo a los porcentajes especificados para cada una, realizándose esto en el mismo lugar de la construcción de las cajas.

Las lombrices se inocularon 120 días después de la preparación de las mezclas y llenando de las camas (inicio del proyecto), ya que las condiciones de temperatura y pH debieron estabilizarse para lograr una mayor sobre vivencia de los organismos.

Por lo general, no todas las especies pueden ser utilizadas en el manejo de material orgánico, utilizando en este proyecto lombrices domesticadas de los géneros *Eisenia* (Red hybrid) y la especie nativa de la región. Las dos especies de lombrices que se utilizaron son: *Eisenia foetida* (EF), especie nativa de la región (EN).

El diseño en este proyecto fue un arreglo al azar con parcelas divididas. Donde el factor A fueron las mezclas ambas con tres niveles como se muestra a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Diferentes mezclas de desechos orgánicos, peso y porcentajes

| Mezclas | Componentes | Peso seco y |
|----------|--------------------|-------------|
| | | Porcentajes |
| Mezcla A | Estiércol vacuno | 50 Kg (50%) |
| | Paja de Maíz | 25 Kg (25%) |
| | Desechos vegetales | 25 Kg (25%) |
| Mezcla B | Estiércol vacuno | 50 Kg (50%) |
| | Aserrín de madera | 25 Kg (25%) |
| | Estiércol caprino | 25 Kg (25%) |
| Mezcla C | Estiércol vacuno | 50 Kg (50%) |
| | Estiércol de cerdo | 25 Kg (25%) |
| | Gallinaza | 25 Kg (25%) |

Las variables que se midieron durante el proyecto se enlistan a continuación como sigue: (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables a medir y tiempo de toma de muestras.

| Variables | Toma de datos | | |
|---------------------|---------------|-------------|----------|
| | Al inicio | Cada semana | Al final |
| Lombrices | * | | * |
| Humedad | * | * | * |
| Temperatura | * | * | * |
| Peso de las Mezclas | * | | * |
| Composta | | | * |

De acuerdo al número de niveles por factor, se tuvieron 6 tratamientos con 3 repeticiones para cada tratamiento como a continuación se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Arreglo de los diferentes tratamientos

| Contenedor Num. 1 | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Mezcla C con lombrices Nativas | Mezcla B con lombrices nativas | Mezcla A con lombrices nativas |
| Mezcla C con la Híbrido de California | Mezcla B con la híbrido de California | Mezcla A con la híbrido de California |
| Contenedor Núm. 2 | | |
| Mezcla C con lombrices Nativas | Mezcla B con lombrices nativas | Mezcla A con lombrices nativas |
| Mezcla C con la híbrido de California | Mezcla B con la híbrido de California | Mezcla A con la híbrido de California |
| Contenedor Núm. 3 | | |
| Mezcla C con lombrices Nativas | Mezcla B con lombrices nativas | Mezcla A con lombrices nativas |
| Mezcla C con la híbrido de California | Mezcla B con la híbrido de California | Mezcla A con la híbrido de California |

La capacidad en volumen de los primeros tres contenedores es para 30 Kg para cada uno, los cuales al dividirse en tres partes nos originó un total de 90 Kg de las tres mezclas.

Cada uno de los contenedores fue utilizado para establecer las mezclas de los desechos orgánicos predigeridos en forma natural por la flora nativa proceso que se utilizó para estabilizar el pH de las mezclas que se usaron durante el presente trabajo como lo recomienda la literatura. El peso de las mezclas para cada uno de los apartados fue de 5 kg en cada uno. Cada una de las mezclas fue ocupada por las dos especies de lombrices para determinar de esa manera la especie y la mezcla más adecuada en nuestra región, para el manejo de los desechos orgánicos. El agua debe de ser de buena calidad y en cantidades permanentes ya que para este tipo de trabajos la humedad del sustrato es indispensable, la cual se aplicó cada tres días ya que es importante para mantener un rango de pH (el cual se midió hasta que se estabilizó), así como la temperatura óptima (entre 26 y 27°C) para el desarrollo de las especies de lombrices a utilizar.

En este caso en que se utilizaron 90 Kg de desechos orgánicos diversos, se calculó que para humedecer la totalidad de las mezclas fueron necesarios aproximadamente 100 litros de agua, para mantener la humedad de las mezclas durante el período de descomposición y consumo de los desechos. Para cuantificar la calidad de la composta obtenida en la cosecha (aproximadamente cada 5 meses), se realizaron análisis de suelo para medir contenido de N, P_2O_5 , K, así como micro elementos en las fechas establecidas para eso, con el fin de determinar porcentajes de los anteriores elementos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que el mejor sustrato para las dos especies evaluadas es el de la mezcla B la cual es de estiércol de vacuno 50 kg (50%), aserrín de madera 25 kg (25%) y estiércol caprino 25 kg (25%), en ambas especies tienen un comportamiento similar en este sustrato, siendo el mejor para lombrices rojas con 295 y 209 para las nativas, en los tres diferentes sustratos las lombrices rojas tienen una mejor adaptación ya que en las tres diferentes mezclas su número es mayor que las nativas, hay que recordar que el número inicial de lombrices incubadas fue de 20 para cada tratamiento.

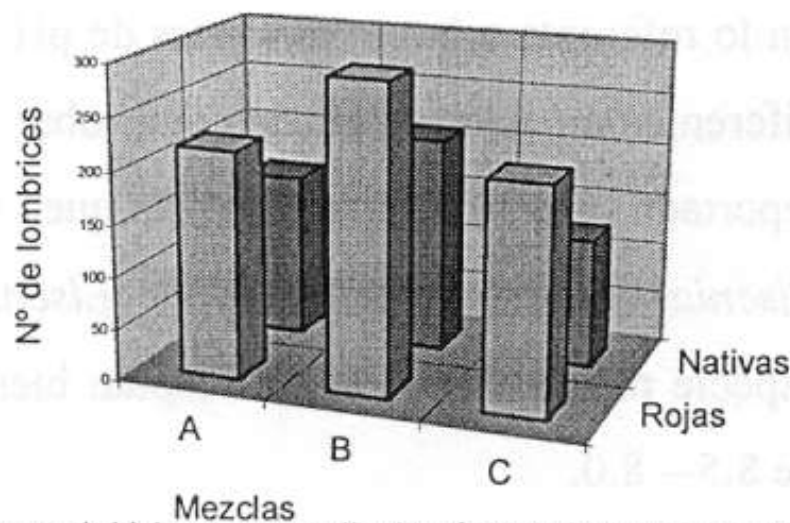


Figura 1. Valores promedio de número de lombrices en tres sustratos en el C.A.E.-FAZ-UJED.1999.

En el cuadro 4, se observa el análisis de varianza para el número de lombrices. El cual muestra que existe diferencia estadística significativa lo cual indica que la lombriz roja California es la que se multiplica más rápido que las nativas, sin embargo esto no es igual para el peso de lombricomposta ya que el análisis de varianza muestra que no existe significancia estadística entre ambas especies en peso de lombricomposta, esto indica que la lombriz nativa es tan eficiente en la elaboración de lombricomposta como la roja California, sin embargo queda pendiente por analizar la calidad de la lombricomposta, ya que puede existir alguna diferencia en el contenido de nutrimentos.

Cuadro 4. Análisis de varianza para número de lombrices en tres estratos diferentes C.A.E.-F.A.Z.-U.J.E.D. 1999

| Variable | GL | SC | CM | Valor F | P<F |
|---------------|----|-----------|----------|---------|---------|
| Repetición | 2 | 18631.44 | 9315.72 | 4.70 | 0.0447 |
| Especie | 1 | 41953.38 | 41953.38 | 21.17 | 0.0018* |
| Especie x Rep | 2 | 6397.44 | 3198.72 | 1.61 | 0.2577 |
| Mezcla x Rep | 4 | 141222.22 | 3530.55 | 1.78 | 0.2256 |

En lo referente a las condiciones de pH de las tres diferentes mezclas se puede comprobar lo reportado por (Barnes, 1983) que el género *Eisenia* (Híbrido California) y *Eisenia foetida* especie nativa de la región se adaptan bien a los pH de 8.5 – 8.0.

En el cuadro 5 se observan las condiciones de pH y temperatura para los tres sustratos utilizados para las dos especies de lombrices, el muestra que en los tres sustratos el valor del pH es de 8-8.5 después de tres meses de precomposteo y la temperatura es de 36-35 °C.

Cuadro 5. Mediciones de pH y temperatura de las mezclas a precompostear de diferentes desechos orgánicos.

| Fecha (1998) | Temperatura de las mezclas | | | pH de las mezclas | | |
|--------------|----------------------------|----|----|-------------------|-----|-----|
| | A | B | C | A | B | C |
| Abril 16 | 31 | 31 | 28 | 8.5 | 9.0 | 9.0 |
| Abril 23 | 31 | 32 | 32 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| Abril 25 | 32 | 32 | 34 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| Abril 29 | 35 | 36 | 38 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| Mayo 6 | 38 | 37 | 39 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| Mayo 27 | 36 | 39 | 35 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| julio 15 | 37 | 35 | 36 | 8.5 | 8.5 | 9.0 |
| julio 29 | 36 | 35 | 36 | 8.0 | 8.0 | 8.5 |

CONCLUSIONES

De las dos especies estudiadas la mejor y de mayor adaptación es el híbrido Rojo California, la cual se disminuyó al agregar el agua.

De los tres sustratos estudiados los tres son transformados eficientemente por las dos especies de lombrices (figura 2), es decir no existe diferencia estadística, sin embargo no es así para el número de lombrices ya que el tratamiento estiércol vacuno (50%) aserrín (25%) y estiércol caprino (25%) es el que en ambas especies tiene el mayor número de lombrices.

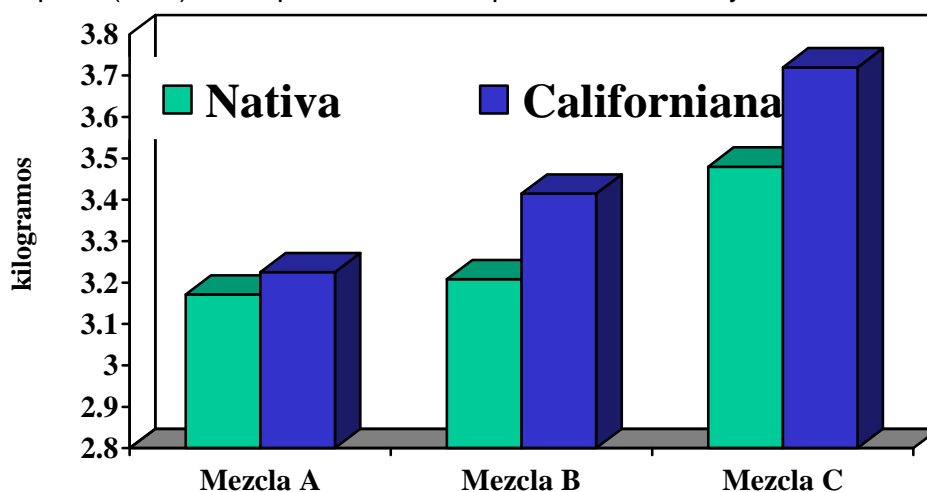


Figura 2 pesos finales de cada sustrato utilizado en dos especies de lombrices en el CAE-DEP-FAZ-UJED. 1998.

Datos reportados por la literatura concuerdan con los encontrados que indican que las lombrices transforman el 60 % de lo que ingieren en humus, hay que recordar que al inicio de cada tratamiento repetición de sustrato se inició en 5 kg. del cual el 60 % serán 3 kg. y las transformaciones finales son por arriba de los tres kg. por especie en los tres sustratos, pero hay que considerar un % de humedad en ambas especies de lombrices.

El menos digerido fue el sustrato C en la Roja California con 3.720 kg. y para la nativa con 3.480 kg. Se comprueba que la lombricultura es una buen opción para el uso de desechos orgánicos de la región.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R.M y V.H.Salas. 1993. La basura: Manual para el reciclamiento urbano. Editorial Trillas, México, D.F. pp 64.
- Barnes D.R. 1983. Zoología de los invertebrados, Editorial Interamericana, S.A. de C.V. Pág. 450-456.
- Bouché M. 1984, Los gusanos de tierra. Mundo científico 40:954-963
- Buckman H. O.; N.C. Brady, 1977 Naturaleza y propiedad de los suelos 2a. Ed. Montaner y Simón, Barcelona, España.
- Chavira A.M. 1992, Efecto de lombrices de tierra (*Lumbricus spp*) sobre acelga (*Beta vulgaris* L.) crecida en tepetate (amarillo) roturado. Tesis de Lic. Dpto de suelos UACH, Chapingo, México.
- Cluzeau D.M.; L. Fayolle; M. Hubert. 1987, Relations between earthworms and agricultural practices in the vineyards of Champagne. Preliminary results, Selected simposia and Monographs U.Z.I., Munich, Modena.
- Delgado M. M. Bigeriago, Walter y R. Calvo. 1994, Aplicación de la lombriz de tierra roja californiana en la transformación de lodos de depuradoras urbanas. Turrialba 45:33-41.
- Edwards C.A. and J.E Batter. 1992. The use of earthworms 2a. de London Chapman and Hall, N.Y., U.S.A.
- FAO, 1991. Manejo del suelo: Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos 56. Dirección de fomento de tierras y agua, Roma. Pp 176

- Fosgate, O. And M. Babb. 1972 Biodegradation of animal wastes by (*Lombricus Terrestris*). J. Dairy Sciences. 55:870-872.
- Guzman C.A.R. 1984, Efecto de la lombriz de tierra (*Lumbricidae*) sobre las principales características edáficas a nivel de invernadero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas, ITESM, Monterrey, N.L.
- Hernandez V.J.E. 1996. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos utilizando lombriz de tierra *Eisenia Fetida*. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Hortenstein R. 1983. Research nees. Sludge and invertebrates soil absorption of wastewatwr. Bull.
- Hortenstein R. 1982. Effect of aromatic compounds, humic acids and lignins of the earthworms *Eisenia fetida*. Soil. Biol. Biochem. 14:595-599.
- Hunta V. And J. Haimi. 1988. Reproduction and biomass of *Eisenia fetida* in domestic wastes. Academic Publishing, Hague, Netherlands.
- Martínez, C. Claudia. 1996. Potencial de lombricultura, folleto. Lombricultura Técnica Mexicana, México, D.F. p.p. 59-106
- Mitchell M.J. 1982, Role os the earthworm, *Eisenia feotida* in affecting organic matter descomposition in microcosm of sludge-amended soil. Jurnal of Applied Ecology. (19) 805-812.
- Sabine, J. 1983. Earthworms as sources of food and drugs. In "Earthworms Ecology" (J.E. Satchell, Editorial), pp 285-296 Chapman and Hall, London, England.
- Santamaría R., S. Y R. Ferrero C. 1996. Contenido nutrimental de vermicompostas producidas de diferentes desechos orgánicos. Memorias del XXVII Congreso Nacional de las Ciencia del Suelo Cd. Obregón, Son. Pág. 116.
- Stewart B.A. 1982, El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. ;Memorias del Primer ciclo internacional de conferencias sobre la utilización del estiércol en la agricultura. Torreón, Coahuila, México.

CAPITULO VII

USO DE BIOSÓLIDOS COMO FERTILIZANTE EN CULTIVOS FORRAJEROS Y ALGODÓN.

MC. Hugo Raúl Uribe Montes, MC. Noé Chávez Sánchez, MC. Gamaliel Orozco Hernández

1 Investigadores del Campo Experimental Delicias, CIRNOC-INIFAP-SAGARPA. Km 2 Carretera Delicias-Rosales, Cd. Delicias Chih. inifap@smart.net.mx

INTRODUCCIÓN

Los biosólidos son materiales orgánicos ricos en nutrimentos, derivados del tratamiento de las aguas negras residuales, los cuales han sido estabilizados, cumpliendo con un proceso de formación específico y un estricto criterio de calidad y por lo tanto son adecuados para su aplicación al suelo. El término biosólidos proviene del método más común que se utiliza para su obtención, el cual consiste en el procesamiento biológico (digestión aeróbica y anaeróbica) de los sólidos de las aguas negras o residuales (Uribe *et al.* 2000).

En México se operan 938 plantas de tratamiento que depuran $50.810 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$ de aguas residuales. Con este gasto se estima que se generarían 1,483,649 toneladas de biosólidos por año (296,730 toneladas en base seca).

Sin embargo únicamente 255 plantas de tratamiento utilizan procesos donde realmente se generan biosólidos, las cuales producen 642,473 toneladas de estos materiales por año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Plantas* y procesos de tratamiento de aguas residuales que generan biosólidos.

| Proceso | Plantas de tratamiento | Gasto de operación (l/seg) | Biosólidos generados (ton/año) |
|-------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Lodos activados | 222 | 16,184.6 | 472,572.8 |
| Primario avanzado | 13 | 5,696.0 | 166,323.2 |
| Anaerobio | 20 | 122.5 | 3,577.0 |
| Total | 255 | 22,003.1 | 642,473.0 |

* Inventario Nacional de plantas de tratamiento de agua residual. CNA 2001.

En el norte del país donde los suelos son predominantemente calcáreos, existen 62 de estas plantas de tratamiento de agua residual que producen 474,604 toneladas de biosólidos (94,921 ton en base seca), los cuales se pueden utilizar en suelos con baja productividad, como fertilizantes en cultivos industriales y forrajeros en alrededor de 10,000 hectáreas (Cuadro2).

Cuadro 2. Plantas* de tratamiento del Norte de México con procesos que generan biosólidos.

| Estados | Plantas en operación | Gasto (l/seg) | Plantas que generan biosólidos | Gasto de operación (l/seg) | Biosólidos base húmeda (ton/año) | Biosólidos base seca (ton/año) |
|---------------------|----------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Nuevo León | 53 | 8,472.3 | 20 | 8,161.0 | 238,301 | 47,660 |
| Chihuahua | 51 | 3,760.6 | 5 | 3,652.0 | 106,638 | 21,328 |
| Baja California | 13 | 3,893.2 | 3 | 1,146.2 | 33,469 | 6,694 |
| Tamaulipas | 15 | 2,365.2 | 7 | 1,026.0 | 29,959 | 5,992 |
| Sinaloa | 42 | 2,586.9 | 3 | 843.0 | 24,616 | 4,923 |
| Coahuila | 6 | 1,022.0 | 5 | 570.0 | 16,644 | 3,329 |
| Baja California Sur | 15 | 758.5 | 7 | 541.0 | 15,797 | 3,159 |
| Aguascalientes | 83 | 2,219.1 | 10 | 287.4 | 8,392 | 1,678 |
| Durango | 63 | 1,918.2 | 1 | 25.0 | 730 | 146 |
| Zacatecas | 10 | 150.6 | 1 | 2.0 | 58 | 12 |
| Sonora | 62 | 2,519.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | | | | 474,604 | 94,921 |

* Inventario Nacional de plantas de tratamiento de agua residual. CNA 2001.

El crecimiento demográfico e industrial de las ciudades del Estado de Chihuahua ha provocado una mayor demanda de agua; como consecuencia de esto, se han incrementado los caudales de aguas negras residuales existiendo una mayor contaminación en los cuerpos de agua. Con la finalidad de hacer un uso más eficiente del agua y cumplir con la ley de aguas residuales, la municipalidad de la ciudad de Chihuahua opera una planta tratadora de aguas residuales, que genera mensualmente 1,200 toneladas de lodos residuales (biosólidos), los cuales han sido digeridos anaeróbicamente, proceso biológico que elimina una gran cantidad de

patógenos; además la municipalidad de Ciudad Juárez , Chih. también genera mensualmente 1,935 toneladas de biosólidos.

El uso agrícola de los biosólidos es una práctica establecida y aceptada en EE. UU. y la mayoría del mundo (Maguire *et al.* 2000). Por ejemplo, California un Estado con 31 millones de habitantes utiliza en tierras agrícolas el 52% de los biosólidos producidos (390,000 toneladas por año en base seca), mientras que Arizona utiliza el 86% de lo que produce, lo cual corresponde a 56,000 ton año⁻¹ (Fondahl, 1999). En la Comunidad Económica Europea más de una tercera parte de biosólidos producidos es reciclado en la agricultura (Sauerbeck, 1993 citado por Akrivos *et al.* 2000).

La aplicación agrícola de biosólidos está basada en satisfacer los requerimientos de Nitrógeno del cultivo, previniendo la sobreaplicación de metales pesados no esenciales, lo que ha mostrado ser una forma efectiva de reusar benéficamente los productos residuales.

En la región agrícola de Delicias, Chih., en 1999 se inicio un estudio con biosólidos digeridos anaerobicamente el cual tenia la finalidad de verificar que la aplicación de materiales ricos en nutrimentos y materia orgánica como son los biosólidos mejoran los procesos funcionales de los ecosistemas agrícolas en el altiplano mexicano, incrementando la productividad de los suelos calcáreos. Este estudio tuvo dos objetivos principales: a) Determinar la contribución de los biosólidos en la productividad de los suelos y b) Generar la tecnología de aplicación y manejo racional en suelos calcáreos agrícolas.

ANTECEDENTES

Nitrógeno en los Biosólidos.

La utilización de los lodos residuales en la agricultura es una forma de reciclar benéficamente estos materiales, lo cual da como resultado reducir el uso de fertilizantes químicos comerciales. Tester (1990) menciona que cuando los biosólidos son aplicados superficialmente dan como resultado un mejoramiento en las características físicas y químicas de los suelos, y un enriquecimiento nutrimental del suelo que satisface parcialmente los requerimientos de fertilización de éste. Sin embargo, debido a que los lodos residuales pueden poseer constituyentes potencialmente indeseables, estos se deberán evaluar periódicamente. Únicamente aquellos biosólidos que alcanzan estándares de calidad estrictos para

contaminantes, patógenos y atracción de vectores (insectos, roedores, etc., transmisores de enfermedades) pueden ser aplicados al suelo con propósitos benéficos. Los biosólidos que no reúnan estos estándares deben ser dispuestos en rellenos sanitarios o ser incinerados.

Existe un considerable interés por reciclar el N contenido en los residuos de cultivo y en los materiales de desecho, así los residuos orgánicos, frecuentemente son aplicados en suelos agrícolas en cantidades necesarias para obtener los niveles deseados de N disponible. Cuando otros factores tales como metales tóxicos y sustancias químicas orgánicas no son limitativas, el N disponible estimado de los residuos es el factor que gobierna la cantidad máxima de aplicación del material en el suelo.

En los Estados Unidos de Norteamérica la USEPA (Siglas en inglés de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) en 1993 publicó las Normas CFR 40 Parte 503, donde se permite el uso benéfico de biosólidos producidos por las plantas tratadoras de aguas residuales municipales, siempre que las adiciones sean hechas en "Cantidades agronómicas" para un cultivo dado. El Departamento de Salud Pública de Colorado EE.UU., definió la cantidad agronómica como: "La cantidad en la cual los biosólidos son aplicados al suelo tales que la cantidad de nitrógeno requeridos por el cultivo alimenticio, forrajero, para fibra, de cobertura o vegetación crecido sobre el suelo, sea suministrado sobre un periodo de crecimiento definido, y tal que la cantidad de nitrógeno en los biosólidos que pase debajo de la zona radicular del cultivo o vegetación hacia los acuíferos se ha minimizado".

El cálculo de la cantidad agronómica requiere de las necesidades de N por el cultivo, análisis de N del suelo y la equivalencia de N de los biosólidos. La determinación de esta cantidad es crítica en prevenir aplicaciones excesivas de N de los biosólidos que se puedan lavar hacia los acuíferos. El N mineral y el N mineralizado de las formas orgánicas pueden ser referido como N potencialmente disponible. Este N mineral es solo potencialmente disponible, debido a que la desnitrificación, el lavado o la volatilización del amoníaco puede causar que el Nitrógeno sea perdido del "pool" de N disponible.

Algunos estudios de campo han dado estimaciones de la mineralización de N en la adición de desechos. Kelling *et al.* (1977) citado por Barbarick e Ippolito (2000) encontraron en Wisconsin, EE.UU., que el 50% del N de los biosólidos se mineralizó a las tres semanas después de su aplicación. Cogger *et al.* (1999) encontraron una recuperación aparente de N de

28 a 40% y 11 a 44% para pastos forrajeros y trigo de secano de invierno en Washington, EE.UU., respectivamente. Barbarick *et al.* (1996) estimaron una mineralización neta de N de 25 a 57% para cinco a seis aplicaciones de 6.7 ton ha⁻¹ de biosólidos y una mineralización neta de 62 a 78% para cinco a seis aplicaciones de 26.8 ton ha⁻¹.

Gilmour y Skinner (1999) mencionan que el mejor predictor de N potencialmente disponible fue la relación C/N de los biosólidos, seguido por N orgánico y luego por el contenido total de N de los biosólidos. Las pendientes de las dos últimas relaciones sugieren que cerca del 45% de N orgánico y 40% del N total de los biosólidos estuvo en forma disponible para las plantas durante la estación de crecimiento del sorgo Sudan [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Estos porcentajes estacionales son considerablemente más grandes que los usados comúnmente como tasas de mineralización anual por la USEPA (1995).

Duglas y Magdoff (1991) encontraron que el nitrógeno mineralizado durante 67 días, representó del 41 al 50% del N orgánico de los biosólidos digeridos aeróbicamente y 23 a 41% de los digeridos anaeróbicamente. También estos autores mencionan que las cantidades necesarias para suministrar 100 kg de N ha⁻¹ (N inorgánico + N orgánico mineralizado en 67 días = 100 kg de N) para biosólidos, fluctúa de 2 a 18 ton ha⁻¹ en base seca (92-315 ton ha⁻¹ en base húmeda). Por último Barbarick e Ippolito (2000) encontraron que para aplicaciones continuas de biosólidos en trigo (*Triticum aestivum* L., "TAM 107") de secano una tonelada de biosólidos provee un equivalente total de 8 kg N fertilizante, ellos también estimaron una cantidad de mineralización en el primer año de 25 a 32% del N de los biosólidos. Sus resultados de invernadero indican que la disponibilidad del N de una sola aplicación de biosólidos hecha en "cantidades agronómicas" parece alcanzar solamente para dos cultivos. Para mantener las respuestas de absorción de N por el grano, comparable al N fertilizante, se necesitó aplicar biosólidos antes de cada siembra.

En resumen, el nitrógeno orgánico de los biosólidos es convertido a formas disponibles para el cultivo (amonio y nitrato) por los microorganismos del suelo mediante un proceso conocido como mineralización. Los procesos de tratamiento de los biosólidos afectan la cantidad de mineralización del N orgánico después de su aplicación al suelo (Cuadro 3). Los biosólidos digeridos frescos usualmente contienen más N mineralizable que los producidos con procesos de estabilización más intensivo (composteo, lagunas de almacenamiento).

La cantidad de mineralización de N orgánico es también afectada por la temperatura y humedad del suelo, la mineralización es más rápida en suelos cálidos y húmedos. Usualmente más de la mitad del N mineralizado en el primer año ocurre dentro de las primeras 3 a 6 semanas después de la aplicación de los biosólidos.

Cuadro 3. Efecto de las tecnologías de proceso de los biosólidos sobre la cantidad de mineralización de N orgánico en el primer año.

| Proceso | Cantidad de mineralización del N Orgánico en el primer año |
|---|--|
| Digestión anaeróbica | 20 - 40 |
| Digestión aeróbica | 30 - 45 |
| Digestión aeróbica/anaeróbica y laguna de almacenamiento por mas de 6 meses | 15 - 30 |
| Digestión anaeróbica y deshidratado | 20 - 40 |
| Cama de secado | 15 - 30 |
| Secado al aire | 20 - 40 |
| Composteo | 0 - 20 |

Adaptado de Sullivan (1998).

Metales Pesados en los Biosólidos.

En la aplicación a tierras de cultivo los lodos residuales son potencialmente dañinos debido a que contienen contaminantes químicos y agentes causantes de enfermedades . En el suelo, los patógenos mueren gradualmente y no presentan ningún efecto detrimental final, pero los contaminantes químicos especialmente los elementos traza pueden persistir en el suelo indefinidamente y ser absorbidos por las plantas cultivadas en cantidades suficientes para afectar adversamente la salud de los consumidores y/o las mismas plantas (Chang *et al.* 1997).

En 1972 el Congreso de EE. UU. ordenó a la U. S. Environmental Protection Agency (USEPA) a través de la sección 405 (a) de la Acta de Control de Contaminación de Agua Federal, desarrollar una guía para el uso y disposición de los lodos residuales, incluyendo la aplicación a tierras de cultivo. Por dos décadas la USEPA hizo varios intentos por promulgar las normas necesarias, cada vez, hasta la regulación final promulgada el 19 de febrero de 1993 sus esfuerzos fracasaron debido a que las reglas propuestas se juzgaron ser científicamente inestables (USEPA, 1993). El Código de Regulaciones Federales, Título 40, Partes 257, 403 y

503 (Normas para el uso o disposición de lodos residuales) son ahora la ley que gobierna la aplicación de lodos en EE.UU.. Esta vez el promulgador de las normas, uso un análisis de riesgo, basado en el enfoque para el desarrollo de las reglas enmarcado por el Concilio de Investigación Nacional (1983).

La meta de la regulación es fomentar el uso benéfico de los lodos residuales y proteger la salud pública y el ambiente de cualquier efecto adverso, anticipado razonable, de cada contaminante encontrado en los lodos residuales. Para llevar acabo esta meta la agencia estableció los límites de descarga contaminante acumulada y las cantidades contaminante anual, la norma también define los límites de concentración de metales en lodos que se caracterizan como de excelente calidad, estos límites fueron determinados sobre la base de que los lodos nunca deberían aplicarse a una parcela dada, en cantidades que excedan 1000 toneladas métricas por hectárea.

Desde la promulgación de la norma, ciertas cuestiones técnicas en las regulaciones han sido reconsideradas y enmendadas en respuesta a la demanda de la Corte de Apelaciones de EE.UU., por justificación o modificación. Como resultado la USEPA ha borrado los límites de contaminante para Cromo y ha cambiado los límites de concentración para aplicación al suelo para Selenio de 36 a 100 mg kg⁻¹ (USEPA, 1995). Los conceptos fundamentales de las regulaciones, sin embargo permanecen sin cambio, por conveniencia, todos estos elementos regulados son de ahora en adelante referidos como metales.

Los asesores técnicos que participaron en el análisis de riesgo utilizado para promulgar las normas de USEPA, creyeron que los metales potencialmente tóxicos en los suelos tratados con lodos residuales, se mantienen en el suelo en formas químicas que no son rápidamente disponibles para la planta (Ryan y Chaney, 1994). Ellos pensaron que la absorción de estos metales por la planta, siguen la teoría de “meseta” (Plateau) en la cual la concentración de metal del tejido de la planta tiende a alcanzar un máximo, luego se mantiene constante en ese nivel, conforme las descargas de metales en el suelo incrementan (USEPA, 1993).

Los argumentos que hay en contra de esta corriente son que la capacidad de adsorción de los metales del suelo es aumentada por la materia orgánica del suelo adicionada como lodo residual, pero esta capacidad podría regresar a su nivel original, con el tiempo, después de que se suspenda la aplicación de lodos. “ La mineralización lenta de la materia orgánica en el lodo

podría liberar los metales dentro de formas más solubles, a menudo llamado: la hipótesis de la bomba de tiempo de los lodos” (McBride, 1995). Debido a que los suelos tienen una capacidad finita para inmovilizar los metales por reacciones de adsorción o precipitación sin el efecto protector del material sorptivo en el lodo mismo, una relación tipo Langmuir podría ser esperada (McBride, 1995). Para una isoterma de adsorción tipo Langmuir, la concentración de equilibrio en la solución del suelo se eleva rápidamente conforme la adsorción máxima del metal en el suelo disminuye con la desaparición de la materia orgánica provista por el lodo, de esta manera se incrementa la disponibilidad de los metales para la planta. Si el suelo experimenta además una acidificación, la solubilidad y la actividad del metal podrían ser aumentados.

Existen numerosos reportes que manifiestan el aumento de la producción de los cultivos, a través de la aplicación de los lodos residuales a los suelos agrícolas, pero existen también demostraciones de trabajos de campo de que el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos pueden ser adversamente afectados cuando las descargas de Níquel y Zinc en los suelos tratados con lodos residuales exceden los límites regulados por la USEPA (Berti y Jacobs, 1996). Por lo tanto, conclusiones definitivas son difíciles de ser sacadas de este vasto “pool” de información, debido a que mucho de la base de datos técnicos consiste de estudios de período corto y son relaciones generalmente empíricas.

Chang et al. (1997) realizaron un estudio con descargas anuales de 0, 22.5, 45, 90 y 180 ton ha⁻¹ de lodos residuales, donde a una parte del experimento aplicaron estas dosis durante 6 años y luego suspendieron (aplicaron una dosis total de 0, 132, 270, 540 y 1080 ton ha⁻¹ de biosólidos), y a otra parte continuaron la aplicación 10 años más (0, 360, 720, 1440 y 2880 ton ha⁻¹ de biosólidos), se monitoreó el contenido de los metales en el suelo y Remolacha suiza [*Beta vulgaris* (L.) Koch]. Este experimento fue planeado para tener una descarga acumulada de lodos más allá de la que podría esperarse como una práctica normal, esto representa probablemente uno de los peores casos en el escenario de aplicación al suelo de lodos residuales en términos de descarga contaminante. Los resultados de este trabajo (Chang et al., 1997) no pudieron evidenciar contundentemente la presencia de una respuesta tipo “meseta” o la presencia del fenómeno de una “bomba de tiempo” de los lodos residuales, aunque se presentaron las condiciones necesarias para que ocurriera una respuesta tipo “meseta”. Estos autores creen, en base a los datos observados en su trabajo, que la hipótesis usada en el análisis de riesgo para promulgar la norma de la USEPA fue válida, y también mencionan que mientras las concentraciones de los metales en lodos residuales no excedan los límites

superiores para un lodo de buena calidad, y la aplicación acumulada de lodos no exceda 1000 ton ha⁻¹, la aplicación al suelo de estos materiales pueden ser practicados con seguridad.

Metales pesados en los suelos.

El efecto de la aplicación de biosólidos sobre la composición del suelo es de gran interés ambiental y ha sido sujeto a muchos estudios y bastante legislación. Kabata-Pendias y Pendias (1992) mencionan que los estándares y las guías de aplicación segura, al suelo de estos elementos, esta todavía en etapa de experimentación y negociación, sin embargo varios autores han dado valores críticos para la adición máxima de los elementos traza en las dosis de aplicación y el periodo de tiempo que pueden aplicarse (Cuadro 4).

Biodisponibilidad de los Metales.

Logan *et al.* (1997) reportan los resultados del contenido de metales traza (Cd, Cu, Ni, Pb y Zn) en maíz (*Zea mays* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) después de hacer una sola aplicación de un amplio rango de cantidades de lodo residual (0, 7.5, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 188, 225 y 300 ton ha⁻¹ de biosólidos en base seca), las concentraciones de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn de los lodos residuales fueron 44, 433, 67, 185 y 2334 mg kg⁻¹, respectivamente. Se monitoreo el contenido de metales en suelo y planta durante cinco años (1991-1995) en Ohio, EE.UU.. Aplicaciones hasta de 300 ton ha⁻¹ de biosólidos tuvieron poco efecto sobre el pH de este suelo con alto poder búfer. La descomposición de materia orgánica fue significativa, particularmente en los primeros 2 años y fue mas lenta en los 3 últimos. El N orgánico también disminuyo, pero mas rápidamente que la materia orgánica. En lechuga la concentración de metales en el tejido incrementaron linealmente, y no es clara la respuesta tipo “meseta” si se hubieran hecho aplicaciones mas altas de biosólidos. En el caso del maíz, en la hoja bandera y particularmente en planta total, se exhibieron una respuesta tipo “meseta” en las concentraciones de Cd, Cu y Zn en el tejido. Las concentraciones de Pb del lodo usado fue alrededor de 60 a 70% de los limites marcados para biosólidos de excelente calidad y las concentraciones en el tejido de la planta fueron bajas (< 2 mg kg⁻¹), en general no hubo respuesta a las descargas de Plomo. En el análisis de riesgo 503 de la USEPA, la concentración límite de Pb esta basada por la ingestión humana directa y no por la absorción de la planta.

Sloan *et al.* (1997) realizaron un trabajo en Minnesota, EE.UU., con el objeto de cuantificar las formas extraíbles de metales pesados en suelos continuamente cultivados después de cesar la aplicación de lodos residuales, y determinar su biodisponibilidad para

lechuga romana (*Lactuca sativa* L.). Los metales traza de dos suelos abonados con biosólidos fueron agrupados dentro de fracciones químicas estables, usando una serie de extracciones secuenciales que fueron operacionalmente definidas como: intercambiable (Exch), específicamente adsorbidos (SA), óxidos de Fe-Mn y ácido reemplazable (Ox/AR), residual orgánico (R-org) y residual inorgánico (R-In). Los resultados reflejan que el Cd aplicado en los biosólidos estaba en formas que fueron fácilmente extraídos de el suelo y fueron rápidamente disponibles para su absorción por la lechuga en suelos donde hacia 15 años que se había aplicado biosólidos con alto contenido de Cd. Las formas más fácilmente extraídas de Cd del suelo (Exch y SA) registraron aproximadamente el 75% del Cd total en suelos aplicados con biosólidos. La fracción intercambiable (Exch) del Ni, Zn y en menor grado Cu fue significativamente más grande en suelos donde previamente recibieron biosólidos, pero ellos registraron menos del 15% del metal total del suelo. La mayor porción del Cr, Cu, Ni, Pb y Zn aplicado en los biosólidos estaban en formas relativamente estables que mostraron poca correlación con la absorción por la planta, la mayor porción de esos metales fue asociada con la fracción química (Ox/Ar) que más probablemente representa los óxidos de Fe y Mn y complejos orgánicos relativamente estables.

Las concentraciones de Cd, Zn, Cu, Ni y Cr en el tejido aéreo de la lechuga fue positivamente correlacionado con la concentración total de los respectivos metales en el suelo. Las curvas de absorción de la planta de las ecuaciones de análisis de regresión indican que la relativa biodisponibilidad de los metales aplicados en los biosólidos siguieron la tendencia $Cd \gg Zn > Ni \geq Cu > Cr > Pb$.

Las concentraciones de Cd, Zn y Ni en lechuga fue altamente correlacionada con la concentración de los metales en las fracciones químicas Exch y SA del suelo. Tanto para los datos de especiación química como para el estudio de absorción de la planta, fueron menos aparente las diferencias entre las descargas de biosólidos, que las diferencias entre los suelos que recibieron y los que no recibieron aplicaciones de biosólidos.

Umbral Fitotóxicos.

La concentración de metales pesados en los biosólidos están entre las principales consideraciones en la aplicación de estos al suelo, ya que estos son potencialmente dañinos para las plantas y/o salud animal y humana. De acuerdo a Williams (1991) citado por Akrivos *et al.* (2000), los metales pesados son divididos en dos grupos: (a) zinc, cobre, níquel y cromo que

son fitotóxicos y pueden afectar el crecimiento de los cultivos y ; (b) plomo, cadmio, mercurio y molibdeno que son normalmente no tóxicos para las plantas pero pueden ser perjudiciales para animales que ingieren el cultivo tratado.

Cuadro 4. Propuestas para concentraciones aceptables máximas (CAM) de elementos traza en suelos agrícolas dados por varios autores en ppm en base seca. (Adaptado de Kabata-Pendias y Pendias, 1992).

| Elemento | Goncharuk ^a y Sidorenko (1986) | El-Bassam ^b y Tietjen (1977) | Kabata-Pendias ^b (1979) | Kitagishi ^b y Yamane (1981) | Kloke ^b (1979) | Kovalskiy ^b (1974) | Linzon ^b (1978) |
|----------|---|---|------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| As | 2 | 50 | 30 | 15 | 20 | | 25 |
| Cd | | 5 | 3-5 | | 3 | | 8 |
| Cr | 0.05 ^c | 100 | 100 | | 100 | | 75 |
| Cu | 23 ^d | 100 | 100 | 125 | 100 | 60 | 100 |
| Hg | 2.1 | 5 | 5 | | 2 | | 0.3 |
| Ni | 35 | 100 | 100 | 100 | 100 | | 100 |
| Pb | 20 ^d | 100 | 100 | 400 | 100 | | 200 |
| Zn | 110 | 300 | 300 | 250 | 300 | 70 | 400 |

^a Niveles aceptables para producción de alimentos saludables.

^b Niveles considerados como fitotóxicos.

^c Valor dado para la forma Cr⁶⁺.

^d Valor dado el pool soluble del elemento.

^e Concentración disparador para jardines domésticos y campos de juego (parques), respectivamente.

^f Valores propuestos por la comisión económica europea para CAM en suelos tratados con biosólidos.

Los valores entre paréntesis son concentraciones obligatorias.

^g Valores propuestos por el Ministerio de Agricultura y Alimentación de Notario, Canada para CAM en suelos tratados con biosólidos.

| Elemento (Continuación) | Schachtschabel <i>et al.</i> (1984) | Cairney (1987) | Finney y Pearce (1986) | Finney ^f y Pearce (1986) | Page ^g <i>et al.</i> (1988) |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| As | 20 | 10 ^e | | 20 | 14 |
| Cd | 3 | 3-15 ^e | 3.5 | 1 (3) | 1.6 |
| Cr | 100 | | 600 | 50 | 120 |
| Cu | 100 | 50 ^d | 140 ^d | 50 (100) | 100 |
| Hg | 2 | | 1 | 2 | 0.5 |
| Ni | 50 | 20 ^d | 35 ^d | 30 (50) | 32 |
| Pb | 100 | 500-2000 ^e | 500 | 50 (100) | 60 |
| Zn | 300 | 130 ^d | 280 ^d | 150 (300) | 220 |

La USEPA (1993) actualmente regula nueve elementos traza para lodos residuales aplicados al suelo: As, Cd, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se y Zn. Solo seis de esos elementos fueron considerados ser fitotóxicos (Cu, Ni, Zn, Cd, Pb y Se). En el contexto de fitotoxicidad dos umbrales pueden ser fácilmente identificados, estos representan los niveles permisibles de los elementos traza aplicados. La posición de Andersson y Nilsson (1972) citados por Schmidt (1997) representa el mayor extremo ecológico de seguridad, ellos declararon que las aplicaciones a suelos con elementos traza en proporciones arriba de las concentraciones naturales, sin esperanzas futuras de una remoción significativa no es ecológicamente seguro, por lo tanto, la aplicación de los lodos residuales podría no ser permitido. El otro extremo es permitir la aplicación ilimitada de los lodos mientras que no haya síntomas visuales de fitotoxicidad. Ninguno de esos extremos son prácticos, la primera opción no permite el uso razonable de los lodos residuales como recurso, mientras que la otra posición se auxilia en las observaciones y no sobre el entendimiento de los principios científicos fundamentales (Schmidt, 1997).

Para determinar un umbral fitotóxico para cualquier elemento traza, se debe considerar un trabajo en invernadero que consiste en el crecimiento de una especie de planta en un medio de cultivo (solución nutritiva o arena), y la adición de un solo elemento traza en la forma de una sal inorgánica. La lluvia, temperatura y humedad son cuidadosamente reguladas, la superficie de arcillas y materia orgánica del suelo, componentes que son muy reactivos con el elemento traza no deben estar presente en el medio de crecimiento. Al aplicar el elemento traza como una sal inorgánica evita confundir los efectos del acomplejamiento con la materia orgánica inherente en los lodos residuales.

Beckett y Davis (1977) citados por Schmidt (1997) usaron este sistema simple para definir umbrales fitotóxicos para Cd, Ni, Cu y Zn en plantas de cebada crecidas en un medio de arena (Cuadro 5).

Cuadro 5. Umbrales fitotóxicos de elementos traza para varias especies de plantas.

| Especie de planta | Concentración en el tejido (mg kg ⁻¹) | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|---------|
| | Cd | Ni | Cu | Zn |
| Cebada ¹ | 6-10 | 11-19 | 14-25 | 150-520 |
| Ballico ² | | 14 | 21 | 221 |
| Lechuga ² | | | 17-21 | |
| Rabano ² | | | 15-22 | |
| Trigo ² | | | 11-18 | |
| Arboles ³ | 8 | 11 | 20 | 200 |
| Agronomico ⁴ | | 10-50 | 20-30 | 200-500 |

¹=Beckett y Davis (1977); ²=Davis y Beckett (1978); ³=Burton *et al.* (1983); ⁴= Robson y Reuter (1981), Welch (1981) y Romheld y Marschner (1991) citados por Schmidt (1997).

La concentración del elemento traza en el tejido aéreo que corresponde a una disminución en la producción de materia seca se consideró ser el umbral fitotóxico. El umbral fitotóxico fue más pequeño para Cadmio y se incrementó secuencialmente para Ni, Cu y Zn. Esta secuencia representa la disminución a la fitotoxicidad e incremento a la tolerancia para las concentraciones de elementos traza en el tejido. Debido a que se evitaron muchas variables confundibles en la unidad experimental los umbrales fitotóxicos pudieron ser cuantificados y atribuidos a cada elemento traza específico. En el Cuadro 2 también se presentan los umbrales fitotóxicos para otras plantas.

Una comparación de siete vegetales indicaron que la lechuga fue un buen acumulador de elementos traza, mientras que la papa y zanahoria fueron excelentes no acumuladores (Dowdy y Larson, 1975 citados por Schmidt, 1997).

Respuesta de los Cultivos a la Aplicación de Biosólidos.

Los productos secundarios de las plantas tratadoras de aguas residuales municipales (biosólidos) ofrecen una oportunidad de bajo costo para proveer de N a los cultivos. Los biosólidos también suministran a los suelos calcáreos del desierto Fósforo, Hierro, Zinc y Cobre disponibles para la planta (Fresquez *et al.*, 1990), la adición de la materia orgánica en los biosólidos parece aumentar la disponibilidad de estos nutrimentos los cuales son "fijados" bajo condiciones normales en suelos calcáreos (Hue, 1990 citado por Ahlstrom, 1995).

Akrivos *et al.*, (2000) mencionan que la aplicación de biosólidos en tres suelos alcalinos (pH =8), aumentó el contenido de nutrimentos del suelo sin incrementar la concentración de metales pesados, los cuales fueron similares al tratamiento testigo sin recibir biosólidos. Otras propiedades físico-químicas, como pH, materia orgánica y conductividad hidráulica no cambiaron significativamente con las aplicaciones entre 0-30 ton ha⁻¹ de biosólidos.

Akrivos *et al.*, (2000) también reportan que la aplicación de biosólidos provee un significativo mejoramiento en la productividad de la planta de algodón, donde la sustitución de fertilización química con biosólidos resulta en un incremento del 10% en la producción.

Ahlstrom (1995) evaluó en suelos calcáreos, biosólidos digeridos anaeróbicamente que proveyeran de 0 a 280 kg de N ha⁻¹, y encontró que los rendimientos de fibra de algodón mostraron un incremento lineal significativo al aumentar las cantidad aplicada de biosólidos, donde la mejor dosis resultó ser 15.6 ton ha⁻¹ de biosólidos en 1993. La aplicación de urea como fertilizante produjo rendimientos de fibra de 1365 kg ha⁻¹, y la producción con la aplicación de biosólidos varió entre 1327 a 1667 kg ha⁻¹ obteniéndose un incremento hasta de 27% con respecto a la fertilización convencional. En 1994, los rendimientos de fibra promediaron 448 kg ha⁻¹ más que en 1993, pero la tendencia con respecto a la descarga de biosólidos fue distinta, los rendimientos de fibra se incrementaron en todos los tratamientos por la aplicación de biosólidos en comparación al tratamiento aplicado con urea el cual produjo 1628 kg ha⁻¹ de fibra de algodón. Una descarga intermedia de biosólidos de 7.6 ton ha⁻¹ produjo los más altos rendimientos de fibra con 2176 kg ha⁻¹ o sea 34% más de rendimiento en comparación a la fertilización con urea.

Quinteiro *et al.* (2001) trabajando con dosis de biosólidos desde 5 hasta 40 ton ha⁻¹ en los cultivos de cebada y maíz, encontraron que la dosis más adecuada fue 20 ton ha⁻¹ y que la adición de lodos residuales aumenta el rendimiento de los cultivos, incluso cuando la dosis de aplicación no supere los requerimientos de nitrógeno calculados.

Características Microbiológicas de los Biosólidos.

Figuroa *et al.* (1999) mencionan que como los biosólidos provienen del tratamiento de aguas negras, generalmente contienen organismos patógenos que mediante el proceso de estabilización que reciben, son reducidos a niveles que los hacen no peligrosos para uso

agrícola. De acuerdo con el contenido de patógenos, los biosólidos pueden ser de clase A o clase B. Los primeros están prácticamente libres de patógenos y se pueden aplicar sin restricción en cuanto a su uso y tiempos de espera entre la aplicación al suelo y la cosecha del cultivo. Los biosólidos clase B pueden contener una cantidad mayor de patógenos, por lo que se deben aplicar con ciertos cuidados para eliminar riesgos. Esta clase de biosólidos se utiliza solo con fines agrícolas, observando los tiempos de espera entre la aplicación de biosólidos y la cosecha.

La acumulación de metales pesados en el suelo no rebasa los límites establecidos por la USEPA, cuando los biosólidos se utilizan racionalmente, considerando el contenido de los biosólidos y las características de los suelos (Sposito *et al.*, 1982; Fresquez *et al.*, 1990; Chang *et al.*, 1992). El contenido de materia orgánica en el suelo se incrementa, aún aplicando los biosólidos en la superficie del suelo como en pastizales (Pagliai *et al.*, 1981; Seaker y Sopper, 1988a; Fresquez *et al.*, 1990). Así mismo el carbón orgánico se incrementa sirviendo de fuente de energía para los microorganismos del suelo estimulando su actividad y crecimiento poblacional que resulta en una mayor tasa de descomposición de materia orgánica y mineralización de nutrientes (Seaker y Sopper, 1988a; Seaker y Sopper, 1988b). El incremento de la densidad de población microbiana contribuye a suprimir organismos patógenos del suelo (Kinsbursky *et al.*, 1989). Además las cadenas de polisacáridos y fenoles, producto de la mineralización mejoran las condiciones físicas del suelo, ya que contribuyen a la formación de agregados, mejorando su estabilidad y reduciendo la densidad aparente e incrementando la porosidad, aereación y velocidad de infiltración (Tester, 1990).

Las mejores condiciones de fertilidad y disponibilidad de agua producida por los biosólidos se traduce en una mayor productividad de la vegetación y cultivos. Las plantas de gramíneas de áreas que recibieron biosólidos fueron más vigorosas y produjeron más biomasa (Fresquez *et al.*, 1990). La calidad del forraje producido por las plantas que recibieron biosólidos fue mayor y no presenta riesgos de intoxicación para los animales por metales pesados (Misselbrook *et al.*, 1996; Rattie, 1998).

EXPERIENCIAS EN EL USO AGRÍCOLA DE BIOSÓLIDOS EN DELICIAS, CHIHUAHUA.

El trabajo se desarrolló en la región agrícola de Delicias, Chih., en un suelo Yermosol cálcico (FAO/UNESCO), donde en el estrato 0-30 cm de profundidad tiene una textura migajón arenosa, pH entre 8.05 y 8.5, contenido de materia orgánica entre 0.23 y 0.34% y una Conductividad Eléctrica (salinidad) de 0.58-0.97 mmhos/cm. En el año 2001 el contenido de N-NO₃, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn fue de 20, 9, 1316, 25997, 1182, 3421, 2, 10, 18 y 1 kg ha⁻¹, respectivamente. Se puede observar que se trata de un suelo mineral con bajo contenido de materia orgánica y pobre en nitrógeno y fósforo, con altos contenidos de potasio, calcio, magnesio y sodio.

En el año 2000 se estudiaron las dosis 0, 20, 40 y 60 ton ha⁻¹ de biosólidos en los cultivos de algodón, alfalfa, avena y maíz forrajero. Los tratamientos se distribuyeron bajo un arreglo de parcelas divididas, en las parcelas grandes se aplicaron las dosis de biosólidos y los cultivos formaron las parcelas chicas en un diseño experimental de bloques aleatorizados completos con cinco repeticiones. Además se establecieron parcelas con características y dimensiones idénticas a las unidades experimentales de este estudio, en estas se aplicaron las dosis 0, 20, 40 y 60 ton ha⁻¹ de biosólidos, pero además se fertilizaron de acuerdo al paquete tecnológico para cada cultivo, esto con el objeto de poder comparar el efecto de la aplicación de biosólidos con respecto a la fertilización convencional, estas parcelas no tenían repeticiones.

En una segunda etapa (año 2001) con el objeto de ajustar la dosis de biosólidos óptimas encontradas y conciliarlas con el potencial riesgo de contaminación con metales tóxicos, se estudiaron en algodón, alfalfa, avena y maíz forrajero la aplicación de las dosis 0, 10, 20, 30 y 40 ton ha⁻¹ de biosólidos, mas un testigo con fertilización química de acuerdo al paquete tecnológico del CEDEL para cada cultivo. Los tratamientos antes mencionados se distribuyeron en un diseño experimental de cuadro latino con seis repeticiones.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de varianza del diseño utilizado, se determinó la comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1988). Los datos de materia seca se analizaron mediante los modelos de superficie de respuesta de tipo cuadrático, cuadrático segmentado y lineal segmentado, con el procedimiento NLIN del mismo paquete estadístico, considerando la información de seis repeticiones.

Características de los Biosólidos Estudiados.

Los biosólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chihuahua y utilizados en este estudio contienen concentraciones de metales pesados por debajo del límite permitido por las instituciones reguladoras (SEMARNAT en México y EPA en EE.UU.) lo que los hace aptos para ser aplicados en tierras agrícolas como suplemento fertilizante (Cuadro 6).

Su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo se puede observar en el Cuadro 7, donde se muestra el contenido nutrimental de biosólidos digeridos anaeróbicamente de la planta norte de Chihuahua.

Cuadro 6. Concentración de metales pesados (mg/kg) en muestras de biosólidos de la planta Chihuahua y límites máximos permisibles para la aplicación en suelos. CEDEL – INIFAP. 2001.

| Metales pesados | M u e s t r a | | | | Límite para excelente calidad | Límite máximo permisible |
|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|
| | Junio 1998 | Noviembre 1998 | Septiembre 1999 | Febrero 2001 | | |
| Cadmio | 4.06 | 3.76 | 3.40 | 4.20 | 39 | 85 |
| Cromo | < 0.29 | < 0.29 | 206.80 | 90.85 | 1200 | 3000 |
| Mercurio | ----- | ----- | 4.20 | 4.071 | 17 | 57 |
| Níquel | 48.80 | 38.80 | 23.20 | 19.37 | 420 | 420 |
| Plomo | 354.70 | 335.30 | 483.20 | 245.50 | 300 | 940 |
| Arsénico | 28.70 | 23.35 | ----- | ----- | 41 | 75 |
| Cobre | 3918 | 3689 | ----- | 455.06 | 1500 | 4300 |
| Selenio | < 0.29 | 0.29 | ----- | ----- | 100 | 100 |
| Zinc | 2574 | 2139 | ----- | 950.56 | 2800 | 7500 |
| % de humedad | ----- | ----- | 75.37 | 27.20 | | |

Manejo de Cultivos.

En el año 2001 se utilizaron lodos deshidratados (biosólidos) con 27% de humedad promedio, el cual fue distribuido a finales de enero de ese mismo año e inmediatamente incorporados al suelo mediante el paso de una rastra hasta aproximadamente 20 cm de profundidad.

Alfalfa. Se sembró el 1 de febrero, la variedad CUF-101 a una densidad de siembra de 35 kg ha⁻¹, se utilizó un inoculante específico de *Rhizobium* para todas las parcelas y las parcelas

testigo se fertilizaron con la dosis 35-90-00 recomendada por el CEDEL. Se aplicó un riego de establecimiento y 14 de auxilio. Se cosechó el cultivo seis veces siendo el último el 9 de octubre.

Avena forrajera. Se sembró el 1 de febrero, la variedad CUAUHEMOC con una densidad de siembra de 130 kg ha⁻¹, las parcelas testigo se fertilizaron con la dosis 80-60-00 al momento de la siembra y se complementaron con la dosis 80-00-00 en el segundo riego de auxilio el 8 de marzo. Se dio un riego de siembra y seis de auxilio, se cosecho el cultivo el 11 de mayo.

Maíz forrajero. El 3 de mayo se sembró maíz forrajero PIONEER 3028 al cual se le dieron un riego de presiembra y seis de auxilio. Las parcelas testigo con fertilización química fueron fertilizadas a la siembra con la dosis 90-60-00 y 90-00-00 en el primer riego de auxilio. Se cosecho el 15 de agosto para forraje.

Algodón. Se realizó la siembra el 2 de mayo con la variedad Sure grow 747 a la cual se le dio un riego de presiembra y cinco de auxilio. Las parcelas testigo se fertilizaron con la dosis 150-60-00 aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y la otra mitad del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Se realizaron cuatro aplicaciones de insecticida con intervalos de 15 días, iniciando el 11 de julio, lo cual no fue suficiente para controlar el picudo del algodnero sobre todo en el último periodo de fructificación, observándose al momento de la cosecha que el último tercio de la planta no tenía fructificaciones.

Cuadro 7. Contenido nutrimental (kg ton⁻¹) de los biosólidos utilizados como abono en el cultivo de maíz forrajero. CEDEL-INIFAP.2002.

| NUTRIMENTO | 2000 | | 2001 | |
|-------------------|---------|---------------------|---------|------------|
| | Total | Disponible | Total | Disponible |
| Materia orgánica | 122.400 | | 112.000 | |
| Nitrógeno | 37.000 | 11.100 ^a | 40.100 | 12.030 |
| N-NO ₃ | | 0.006 | | 0.032 |
| Fósforo | 20.270 | 2.658 | 13.500 | 0.419 |
| Potasio | 0.900 | 0.771 | 2.900 | 0.633 |
| Calcio | 28.000 | 8.563 | 35.100 | 4.538 |
| Magnesio | 2.500 | 1.544 | 3.800 | 0.817 |
| Zinc | 0.650 | 0.217 | 0.750 | 0.462 |
| Fierro | 5.250 | 0.364 | 9.050 | 0.137 |
| Cobre | 0.431 | 0.051 | 0.353 | 0.024 |
| Manganeso | 0.167 | 0.081 | 0.293 | 0.049 |
| PH | 6.67 | | 5.60 | |
| Humedad (%) | 75.37 | | 27.20 | |

^a = considerando que 30% del N total se mineraliza el primer año.

VARIABLES EVALUADAS.

En planta se evaluaron rendimiento de materia seca, grano y algodón en hueso, además del contenido de nutrimentos y metales pesados.

En el suelo se tomaron muestras compuestas de cada uno de los tratamientos, al final del ciclo de cultivo, donde se determinó el contenido de materia orgánica, N-Nitratos, Fósforo, Potasio, Hierro, Zinc, Manganeso y Cobre disponibles de los estratos 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad. Además se tomaron muestras compuestas para análisis de los metales tóxicos Cadmio, Cromo, Mercurio, Plomo y Niquel de las profundidades 0-30 y 30-60 cm.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

En el año 2000 el rendimiento de los cultivos mostraron una respuesta altamente significativa en forma cuadrática, donde las dosis mas adecuada para los cultivos evaluados fluctuó entre 39.3 a 46.3 ton ha⁻¹ de biosólidos en base seca (Cuadro 8).

Cuadro 8. Rendimiento y dosis obtenidas con la aplicación de biosólidos en los cultivos en el año 2000. CEDEL-INIFAP. 2000.

| Dosis de biosólidos (ton ha ⁻¹) | Cultivo | | | |
|--|---------|--------|--------|------------|
| | Alfalfa | Avena | Maíz | Algodonero |
| 0 | 19,274 | 7,044 | 10,057 | 4,544 |
| 20 | 28,617 | 11,996 | 15,613 | 6,233 |
| 40 | 28,935 | 13,703 | 16,592 | 5,741 |
| 60 | 29,768 | 13,202 | 15,493 | 5,898 |
| Fertilización Química | 21,870 | 8,592 | 13,966 | |
| Modelo cuadrático | 46.3 | 44.6 | 40.2 | 39.3 |
| Modelo lineal segmentado | 22.0 | 25.9 | 21.5 | 16.8 |

Sin embargo, cuando los mismos datos se analizaron mediante el modelo de superficie de respuesta lineal segmentado, las dosis de biosólidos disminuyeron considerablemente, estando estas entre 16.8 a 26.9 ton ha⁻¹ como lo muestra el cuadro 8 y la figura 1.

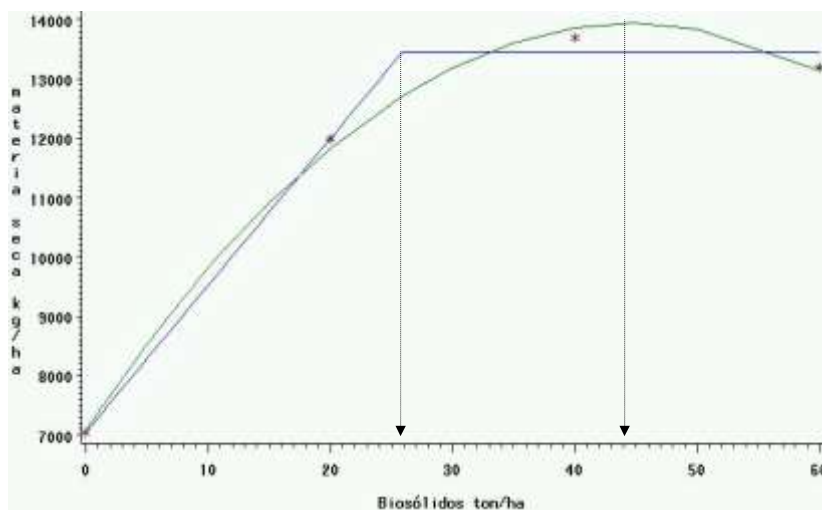


Figura 1. Modelo cuadrático y lineal segmentado del rendimiento obtenido en avena forrajera en el 2000. CEDEL-INIFAP. 2000.

En el año 2001 con el objeto de ajustar las dosis de biosólidos previamente exploradas y conciliarlas con el potencial riesgo de contaminación con metales pesados y nitratos se evaluaron cinco dosis de biosólidos (0, 10, 20, 30 y 40 ton ha^{-1}) y un testigo con fertilización química como ya se comentó anteriormente.

En todos los cultivos evaluados, la aplicación de biosólidos produjo mayores rendimientos en comparación al testigo con fertilización química, donde el modelo lineal segmentado describe apropiadamente el comportamiento de las variables de rendimiento estudiadas a la aplicación de biosólidos. Las dosis más adecuadas fluctuaron entre 10.94 ton ha^{-1} para maíz forrajero hasta 13.03 toneladas de biosólidos para alfalfa como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Rendimiento y dosis obtenidas con la aplicación de biosólidos en los cultivos en el año 2001. CEDEL-INIFAP. 2001.

| Dosis de biosólidos (ton ha ⁻¹) | Cultivo | | | |
|--|---------|--------|--------|------------|
| | Alfalfa | Avena | Maíz | Algodonero |
| 0 | 14,425 | 7,083 | 12,893 | 3,981 |
| 10 | 17,369 | 10,889 | 16,212 | 4,837 |
| 20 | 17,891 | 11,081 | 16,264 | 4,878 |
| 30 | 18,264 | 11,364 | 16,765 | 4,875 |
| 40 | 19,467 | 11,521 | 16,335 | 5,305 |
| Fertilización Química | 14,854 | 9,168 | 14,301 | 4,142 |
| Modelo lineal segmentado | 13.03 | 11.16 | 10.94 | 11.29 |

Los resultados de rendimiento obtenidos en este estudio son similares a los presentados por Quinteiro *et al.* (2001), quienes trabajando con dosis de biosólidos desde 5 hasta 40 ton ha⁻¹ en los cultivos de cebada y maíz, encontraron que la dosis más adecuada fue 20 ton ha⁻¹ y que la adición de lodos residuales aumenta el rendimiento de los cultivos, incluso cuando la dosis de aplicación no alcance a satisfacer la demanda de nitrógeno del cultivo. También, Ahlstrom (1995) evaluó en suelos calcáreos, biosólidos digeridos anaeróbicamente que proveyeran de 0 a 280 kg de N ha⁻¹, y encontró que los rendimientos de fibra de algodón mostraron un incremento lineal significativo al aumentar la cantidad aplicada del abono, donde la dosis apropiada resultó ser 15.6 ton ha⁻¹.

Determinación de la dosis Agronómica de biosólidos.

Los biosólidos digeridos anaeróbicamente tienen un alto valor agronómico, un manejo estratégico sustentable de estos residuos puede asegurar altos rendimientos y redituabilidad, y a su vez minimizar la acumulación de NO₃, P y otros elementos en el suelo (Binder *et al.*, 2002). La Figura 2 muestra la respuesta en materia seca de forraje de maíz cuando se aplican biosólidos al suelo, donde se observa que se obtiene una producción similar con dosis desde 10 hasta 40 ton ha⁻¹ de biosólidos y se reduce considerablemente la producción al no aplicar este material.

Considerando el comportamiento de la producción de materia seca en función de la dosis de biosólidos, se obtuvieron modelos de superficie de respuesta de tipo cuadrático, segmentado cuadrático y lineal segmentado. De acuerdo al coeficiente de determinación, significancia de los parámetros y la tendencia de los residuales de cada modelo, se definió el

modelo de regresión lineal segmentado como el más apropiado para describir este comportamiento, el cual es de la forma:

$$\text{Si } D < X_0$$

$$MS = \beta_0 + \beta_1 * D$$

$$\text{Si } D \geq X_0$$

$$MS = \beta_0 + \beta_1 * X_0$$

Donde:

$$\beta_0 = 12,893 \text{ (ordenada al origen)}$$

$$\beta_1 = 331.9 \text{ (pendiente)}$$

$$X_0 = 10.94 \text{ (punto de intersección)}$$

D = dosis de biosólidos

Con el modelo se determinó como punto de intersección de las líneas la dosis de 10.94 ton ha⁻¹ de biosólidos, con la cual se producen 16.53 ton ha⁻¹ de materia seca, concluyéndose que no existe respuesta a dosis mayores, por lo que agronómicamente se define como la dosis apropiada (Figura 2). La dosis de biosólidos encontrada en este estudio es muy parecida a la reportada por Binder *et al.* (2002), quienes mencionan que la cantidad de biosólidos para alcanzar los mayores rendimientos en maíz, fue de 11.5 ton ha⁻¹ en base seca (441 kg de N orgánico ha⁻¹).

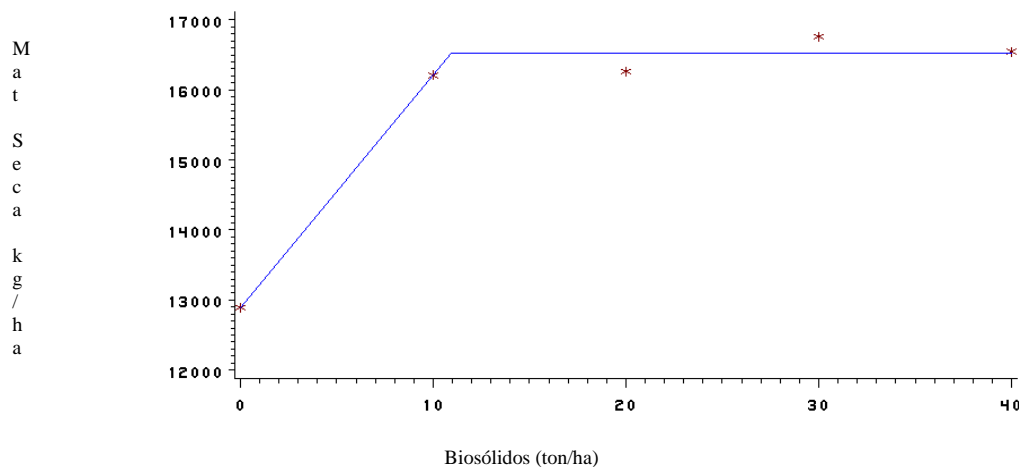


Figura 2. Rendimiento de materia seca de maíz en relación a la aplicación de biosólidos.

Balance de nitrógeno en el suelo y mineralización del N de los biosólidos

Se muestreo el aporte y consumo de nitrógeno en las parcelas de los tratamientos estudiados (cuadro 10). Dentro del nitrógeno que entra al sistema está el nitrógeno residual al inicio del ciclo (N_{Ri}), el nitrógeno contenido en el agua de riego en forma de nitratos (N_A), el nitrógeno aplicado en forma de fertilizante químico (N_F), donde la suma de todos estos se clasifica como el nitrógeno de origen no orgánico (N_{NO}). También otra entrada de nitrógeno al sistema lo constituye el nitrógeno originado de la mineralización de los biosólidos (N_B). Del nitrógeno que sale del sistema únicamente se registró el absorbido por las plantas de maíz forrajero (N_C), desconociéndose la cantidad de nitrógeno que se pierde por desnitrificación o por lavado fuera del estrato 0-90 cm del suelo. En el cuadro 10 se observa que el nitrógeno absorbido por el cultivo y el contenido en el suelo al final del ciclo se incrementaron conforme se aumentó la dosis de biosólidos aplicada al suelo.

Por otra parte, se estimó la cantidad de nitrógeno mineralizado de los biosólidos, obtenida al restar el nitrógeno de origen no orgánico (N_{NO}) a la suma de nitrógeno absorbido por el cultivo (N_C) más el nitrógeno residual al final del ciclo (N_{Rf}), mostrando una tendencia a incrementar el contenido de N-mineralizado conforme se aumentó la dosis de biosólidos, sobre todo en las dosis 30 y 40 ton ha⁻¹.

Del nitrógeno mineralizado de los biosólidos, el 50%, 57%, 66% y 68% de las dosis 10, 20, 30 y 40 ton ha⁻¹ respectivamente, no fue utilizado por el cultivo y permaneció en el perfil 0-90 cm del suelo al final del ciclo. Esto sugiere la posibilidad de que este nitrógeno en forma de nitratos salga fuera del área radicular del cultivo mediante el lavado con el agua de riego y pueda contaminar cuerpos de agua. Por lo tanto, se recomienda no hacer aplicaciones arriba de 30 ton ha⁻¹ de biosólidos o bien sembrar cultivos de sistema radicular profundo, como alfalfa o algodonero.

Cuadro 10. Contenido de nitrógeno en suelo, planta (kg ha^{-1}) y mineralización de N de los biosólidos aplicados al suelo en maíz forrajero. CEDEL-INIFAP. 2001.

| Biosólidos (ton ha^{-1}) | Rendimiento (kg ha^{-1}) | N_{Ri} | N_A | N_F | N_{NO} | N_C | N_{Rf} | N_T | N_B | % mineralización |
|--|--|----------|-------|-------|----------|-------|----------|-------|-------|---------------------|
| T (180-60-00) | 14,301 | 20 | 61 | 180 | 261 | 174.2 | 94.7 | 268.9 | 0 | 0 |
| 0 | 12,893 | 20 | 61 | 0 | 81 | 150.1 | 69.5 | 219.6 | 0 | 0 |
| 10 | 16,212 | 20 | 61 | 0 | 81 | 184.8 | 102.2 | 287.0 | 206.0 | 51.37 |
| 20 | 16,264 | 20 | 61 | 0 | 81 | 193.7 | 150.0 | 343.7 | 262.7 | 32.76 |
| 30 | 16,765 | 20 | 61 | 0 | 81 | 199.0 | 228.2 | 427.2 | 346.2 | 28.78 |
| 40 | 16,335 | 20 | 61 | 0 | 81 | 227.0 | 306.4 | 533.4 | 452.4 | 28.20 |

N_{Ri} = nitrógeno residual del perfil 0-30 cm del suelo, muestreado antes de la aplicación de biosólidos.

N_A = nitrógeno contenido en el agua de riego en forma de nitratos.

N_F = nitrógeno aplicado como fertilizante.

N_{NO} = nitrógeno con origen no orgánico ($N_{NO} = N_{Ri} + N_A + N_F$).

N_C = nitrógeno removido por la parte aérea del cultivo.

N_{Rf} = nitrógeno residual del perfil 0-90 cm del suelo, muestreado al final del ciclo del cultivo.

N_T = nitrógeno total contenido en el sistema ($N_T = N_C + N_{Rf}$).

N_B = nitrógeno mineralizado de los biosólidos en el ciclo de cultivo ($N_B = N_T - N_{NO}$).

% de mineralización = $N_B * 100 / \text{Nitrógeno total orgánico en los biosólidos}$.

La cantidad de N-mineralizado en relación al N-orgánico contenido en los biosólidos, dio como resultado el porcentaje de mineralización (cuadro 10), el cual fue disminuyendo desde 51.37% para 10 ton ha^{-1} hasta 28.20% para 40 ton ha^{-1} de biosólidos aplicados al suelo. Este comportamiento indica que el porcentaje de mineralización de nitrógeno se reduce en forma recíproca a medida que se incrementa la dosis de biosólidos. Se determinó el modelo que explica este comportamiento, el cual es:

$$M = 22.198e^{8.2835/D}$$

Donde:

M = porcentaje de mineralización

e = base del logaritmo natural

D = dosis de biosólidos

Este modelo tiene un coeficiente de determinación (r^2) de 0.99, lo cual indica que existe una fuerte influencia de la dosis sobre la mineralización de los biosólidos.

Los valores de mineralización de nitrógeno en este estudio son mayores a los presentados por Douglas y Magdoff (1991), quienes encontraron que el nitrógeno mineralizado

durante 67 días representó del 41% al 50% del N orgánico de los biosólidos digeridos aeróbicamente y 23% a 41% de los digeridos anaeróbicamente. También estos autores mencionan que las cantidades necesarias para suministrar $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (N inorgánico + N orgánico mineralizado en 67 días = 100 kg de N) se requieren de 2 a 18 ton ha^{-1} de biosólidos en base seca. Mientras Barbarick e Ippolito (2000) encontraron que para aplicaciones continuas de biosólidos en trigo de secano, una tonelada provee un equivalente de 8 kg N fertilizante, y estimaron una mineralización en el primer año de 25% a 32% del N de los biosólidos.

Es probable que el alto contenido de nitrógeno residual en el suelo con las dosis 20, 30 y 40 ton ha^{-1} de biosólidos permita la siembra de otro cultivo en rotación con maíz forrajero, que pueda aprovechar dicho nitrógeno. La figura 3 muestra la distribución de este nitrógeno residual en forma de nitratos a través del perfil del suelo, notándose que con la aplicación de 30 y 40 ton ha^{-1} de biosólidos aumentó el contenido de nitratos conforme se incrementó la profundidad del suelo.

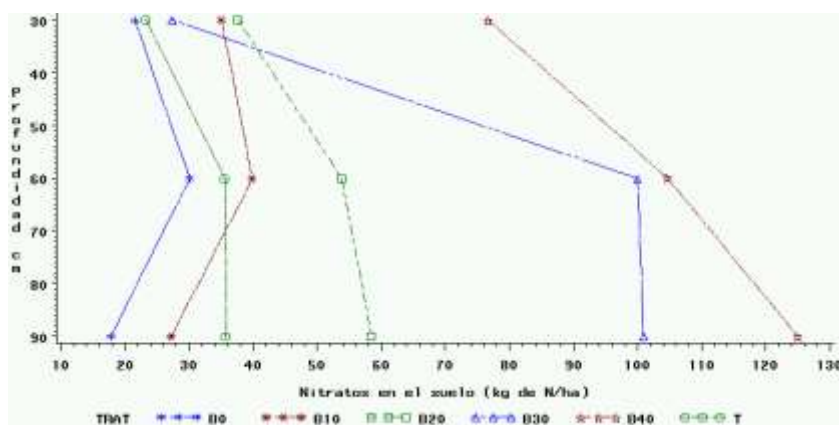


Figura 3. Contenido de Nitrógeno residual en el suelo al final del ciclo de cultivo.

El nitrógeno con origen no orgánico ($N_{Ri}+N_A+N_F$) en los cultivos estudiados (Cuadro 11), fue mayor en los cultivos de ciclo largo (alfalfa y sistema avena-maíz), donde se utilizó mas agua de riego y por ende se aportó mas nitrógeno. El tratamiento testigo con fertilización química tuvo una contribución considerable por esta vía.

En el cuadro 11 se puede observar que el nitrógeno removido por los cultivos se incrementó conforme aumentó la dosis aplicada de biosólidos y fue una respuesta directa a la

producción de materia seca de los cultivos. La alfalfa y el sistema avena-maíz forrajero fueron los cultivos que mas extrajeron nitrógeno.

Es importante hacer notar que cuando se utilizó un solo cultivo como el maíz o algodón, la cantidad de nitrógeno residual en el perfil 0-90 cm del suelo al final del ciclo fue mayor, sobre todo en las dosis 20, 30 y 40 ton ha⁻¹ de biosólidos en comparación a la utilización de alfalfa o el sistema avena-maíz forrajero (Cuadro 11), sugiriendo esto, no utilizar dosis de biosólidos altas y utilizar cultivos con sistema radicular profundo que aprovechen el nitrógeno mineralizado de este material.

La cantidad de nitrógeno mineralizado aumentó conforme se incrementó la dosis de biosólidos, sin embargo, el porcentaje de mineralización (N-mineralizado en relación al N-orgánico aplicado en los biosólidos) fue disminuyendo al incrementarse la dosis de biosólidos, siendo el sistema avena-maíz forrajero el que presentó mayor porcentaje de mineralización (Cuadro12).

Cuadro 11. Contenido de nitrógeno en suelo y planta en los cultivos abonados con biosólidos en el año 2001. a) N con origen no orgánico; b) N removido por la parte aérea del cultivo; c) N residual del perfil 0-90 cm ; d) N total del sistema. CEDEL-INIFAP. 2001.

NITRÓGENO EN SUELO Y PLANTA

a). Nitrógeno con origen no orgánico (N_{Ri}+N_A+N_F)

| Biosólidos (ton ha ⁻¹) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|------------------------------------|------|---------|---------|------------|
| T | 261 | 220.8 | 197.3 | 482 |
| 0 | 81 | 70.8 | 162.3 | 142 |
| 10 | 81 | 70.8 | 162.3 | 142 |
| 20 | 81 | 70.8 | 162.3 | 142 |
| 30 | 81 | 70.8 | 162.3 | 142 |
| 40 | 81 | 70.8 | 162.3 | 142 |

b). Nitrógeno removido por el cultivo

| Biosólidos (ton ha ⁻¹) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|------------------------------------|-------|---------|---------|------------|
| T | 174.2 | 170.1 | 385.5 | 334.6 |
| 0 | 150.1 | 145.6 | 406.1 | 242.3 |
| 10 | 184.8 | 227.6 | 474.9 | 342.4 |
| 20 | 193.7 | 266.8 | 494.0 | 398.3 |
| 30 | 199.0 | 217.9 | 563.6 | 409.6 |
| 40 | 227.0 | 305.8 | 590.2 | 394.2 |

c). Nitrógeno residual perfil 0-90 cm

| Biosólidos (ton ha ⁻¹) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|------------------------------------|-------|---------|---------|------------|
| T | 94.7 | 77.6 | 50.9 | 82.1 |
| 0 | 69.5 | 106.4 | 73.3 | 63.6 |
| 10 | 102.2 | 80.9 | 95.1 | 123.5 |
| 20 | 150.0 | 184.4 | 90.3 | 87.4 |
| 30 | 228.2 | 208.9 | 119.0 | 82.2 |
| 40 | 306.4 | 114.7 | 103.9 | 139.9 |

d). Nitrógeno total del sistema

| Biosólidos (ton ha ⁻¹) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|------------------------------------|-------|---------|---------|------------|
| T | 268.9 | 247.7 | 436.4 | 416.7 |
| 0 | 219.6 | 252.0 | 479.4 | 305.9 |
| 10 | 287.0 | 308.5 | 570.0 | 465.9 |
| 20 | 343.7 | 451.2 | 584.3 | 485.7 |
| 30 | 427.2 | 426.8 | 682.6 | 491.8 |
| 40 | 533.4 | 420.5 | 694.1 | 534.1 |

Metales pesados en suelo y planta.

La concentración y contenido de metales pesados encontrados en suelo y planta de los cultivos estudiados, están muy por debajo de los límites reportados por la literatura (datos Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

mostrados debajo de las concentraciones de los cultivos en cada elemento en el cuadro 13) como lo muestra el cuadro 13, por lo que estos resultados sugieren que se pueden utilizar los biosólidos como fuente fertilizante con seguridad.

Cuadro 12. Mineralización del nitrógeno en los cultivos abonados con biosólidos en el 2001. a) Contenido de N mineralizado y b) Porcentaje de N mineralizado proveniente de los biosólidos. CEDEL-INIFAP.2001.

MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO ORGÁNICO

a). Nitrógeno (kg ha^{-1}) mineralizado de los biosólidos

| Biosólidos (ton ha^{-1}) | N orgánico (kg ha^{-1}) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|--|---------------------------------------|-------|---------|---------|------------|
| T | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 401 | 206.0 | 237.7 | 163.9 | 323.9 |
| 20 | 802 | 262.7 | 380.4 | 178.2 | 343.7 |
| 30 | 1203 | 346.2 | 356.0 | 276.5 | 349.8 |
| 40 | 1604 | 452.4 | 349.7 | 288.0 | 392.1 |

b). Porcentaje de N mineralizado

| Biosólidos (ton ha^{-1}) | MAIZ | ALGODON | ALFALFA | AVENA-MAÍZ |
|--|------|---------|---------|------------|
| T | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 51.4 | 59.3 | 40.9 | 80.8 |
| 20 | 32.8 | 47.4 | 22.2 | 42.9 |
| 30 | 28.8 | 29.6 | 23.0 | 29.1 |
| 40 | 28.2 | 21.8 | 18.0 | 24.5 |

Cuadro 13. Concentración y contenido de metales pesados en suelo (0-30 cm) y planta en cultivos abonados con biosólidos. CEDEL-INIFAP.2000.

| Dosis de biosólidos Ton ha ⁻¹ | Suelo | | Planta (mg kg ⁻¹) | | | |
|---|---------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|---------|
| | mg kg ⁻¹ | Kg ha ⁻¹ | Avena | Alfalfa | Maíz | Algodón |
| CADMIO | | | | | | |
| 0 | 0.46 | 1.71 | <0.09 | <0.09 | <0.09 | 0.12 |
| 20 | 1.20 | 0.76 | <0.09 | <0.09 | 0.26 | 0.26 |
| 40 | 0.09 | 0.34 | <0.09 | <0.09 | <0.09 | 0.32 |
| 60 | 0.32 | 1.19 | <0.09 | <0.09 | <0.09 | <0.09 |
| Límite permisible | 3-5 | 39 | | Cebada: 6-8 | Árboles: 8 | |
| CROMO | | | | | | |
| 0 | 7.03 | 26.34 | 22.4 | 8.0 | 15.3 | 1.3 |
| 20 | 6.95 | 26.06 | 22.8 | <0.5 | 15.6 | 1.4 |
| 40 | 7.31 | 27.04 | 9.3 | <0.5 | 37.7 | 0.8 |
| 60 | 8.93 | 33.47 | 40.2 | 49.4 | 24.5 | 1.0 |
| Límite permisible | 50-600 | 3000 | Maíz: 4-8 | Tabaco: 18-24 | Arroz: 10-100 | |
| MERCURIO | | | | | | |
| 0 | 0.351 | 1.32 | 0.122 | 0.284 | 0.056 | 0.348 |
| 20 | 0.319 | 1.20 | 0.287 | 0.118 | 0.028 | 0.060 |
| 40 | 0.524 | 1.96 | 0.009 | 0.137 | 0.202 | 0.572 |
| 60 | 0.468 | 1.76 | 0.002 | 0.259 | 0.145 | 0.064 |
| Límite permisible | 10 | 17 | | Arroz grano: 4.9 | | |
| NIQUEL | | | | | | |
| 0 | 6.55 | 24.56 | 4.8 | 3.8 | 2.2 | 192.3 |
| 20 | 6.18 | 23.16 | 3.8 | 6.8 | 3.0 | 74 |
| 40 | 4.83 | 18.09 | 4.4 | 9.0 | 4.6 | 59.4 |
| 60 | 5.98 | 22.41 | 6.8 | 7.4 | 3.3 | 146.9 |
| Límite permisible | 23-846 | 420 | Cebada: 11-19 | Ballico: 14 | Árboles: 11 | |
| | | | Agronómico: 10-50 | | | |
| PLOMO | | | | | | |
| 0 | 29.00 | 108.75 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 20 | 17.95 | 67.31 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 40 | 18.58 | 69.66 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 60 | 22.03 | 92.60 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Límite permisible | 60-253 | 300 | | | | |

CONCLUSIONES

1. En los cultivos estudiados, la aplicación de biosólidos produjo altos rendimientos y fue superior a la fertilización química.
2. Dosis de 11 a 13 ton ha⁻¹ de biosólidos, satisfacen los requerimientos nutrimentales para un ciclo, en los cultivos estudiados.
3. Dosis de biosólidos mayores a las necesarias para cada cultivo no incrementan la producción, este comportamiento se describe apropiadamente con un modelo lineal segmentado.
4. Aplicaciones de mas de 20 ton ha⁻¹ de biosólidos producen cantidades de N-NO₃ que el cultivo no utiliza (50-60%), y que potencialmente pueden contaminar cuerpos de agua, sobre todo cuando se siembra un solo cultivo en el año.
5. La aplicación de biosólidos en cantidades agronómicas no afecta la concentración de metales pesados en los suelos y las plantas evaluados.
6. La aplicación de biosólidos en la agricultura es una alternativa viable para el uso de materiales residuales y tiene altas perspectivas para aumentar la fertilidad de suelos con bajo nivel productivo.

LITERATURA CITADA.

1. Akrivos, J., D. Mamais, K. Katsara and A. Andreadakis. 2000. Agricultural utilization of lime treated sewage sludge. *Water Science and Technology*. 42: 203-210.
2. Ahlstrom, S.B. 1995. Cotton responses to land application of water and wastewater residuals in El Paso county- 1993 and 1994. 1994 final report. Texas Agricultural experiment Station. Texas A&M Research Station.
3. Barbarick, K.A. and J. A. Ippolito. 2000. Nitrogen fertilizer equivalency of sewage biosólidos applied to dryland winter wheat. *J. Environ. Qual.* 29:1345-1351.
4. Barbarick, K.A., J. A. Ippolito and D.G. Westfall. 1996. Distribution and mineralization of biosólidos nitrogen applied to dryland wheat. *J. Environ. Qual.* 25:796-801.
5. Berti, W.R. and L.W. Jacobs. 1996. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications. *J. Environ. Qual.* 25:1025-1032.
6. Chang, A.C., T.C. Granato, and A.L. Page 1992. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for Chromium, Copper, Nickel, and Zinc in agricultural land application of municipal sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 21:527-536.
7. Chang, A. C., H Hyun and A.L. Page. 1997. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb?. *J. Environ. Qual.* 26:11-19.
8. Cogger, C. G., D.M. Sullivan, A.I. Bary and S.C. Fransen. 1999. Nitrogen recovery from heat-dried and dewatered biosólidos applied to forage grasses. *J. Environ. Qual.* 28:754-759.
9. Douglas, B.F. and F.R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20:368-372.
10. Figueroa V.U., Flores O. M.A. y Palomo R., M. 1999. Uso de Biosólidos en suelos agrícolas. Folleto técnico. (En prensa) CEVAJ-inifap. México.
11. Fondahl, L. 1999. Biosolids management in the western region. *Biocycle* July pp. 70-74.
12. Fresquez, P.R., R.E. Francis, and G.L. Dennis 1990. Sewage sludge effects on soil and plant quality in a degraded semiarid grassland. *J. Environ. Qual.* 19:324-329.
13. Gilmour, J.T. and V. Skinner. 1999. Predicting plant available nitrogen in land-applied biosólidos. *J. Environ. Qual.* 28:1122-1126.
14. Kabatas-Pendias, A. and H. Pendias. 1992. Trace elements in soils and plants. 2nd ed. CRC. USA. 365 p.
15. Kinsburky, R.S., D. Levaron, and B. Yaron. 1989. Role of fungi in stabilizing aggregates of sewage sludge amended soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1086-1091.

16. Logan, T. J., B. J. Lindsay, L.E. Goins and A. Ryan. 1997. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. *J. Environ. Qual.* 26:534-550.
17. Maguire, R.O., J.T. Sims and F.J. Coale. 2000. Phosphorus solubility in biosólidos-amended farm soils in the Mid-atlantic region of the USA. *J. Environ. Quality* 29: 1225-1233.
18. Mc Bride, M. B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective?. *J. Environ. Quality* 24: 5-18.
19. Miselbrook, T.H., Shephred, and B.F. Pain. 1996. Sewage sludge application to grassland: influence of sludge type, time and method of application on nitrate leaching and herbage yield. *J. Agric. Sci.* 126: 343-352.
20. Quinteiro R., M.P., M.L. Andrade C. y E. De Blas V. 1988. Efecto de la adición de un lodo residual sobre las propiedades del suelo: Experiencias de Campo. *Edafología*, 5:1-10.
21. Pagliai, M., G. Guidi, M. LaMarca, M. Giachetti, and G. Lucamante. 1981. Effects of sewage sludge and compost on soil porosity and aggregation. *J. Environ. Qual.* 10:556-561.
22. Ryan, J.A. and R.L. Chaney. 1994. Development of limits for land application of municipal sewage sludge. Risk assessment. Vol. 3a p. 534-553. *In trans. Int. Congr. Soil Sci.* 15th Acapulco, Mexico. 10-17 de Julio de 1994.
23. Rattie, A. 1998. The lighter side of the Biosólidos. *Biocycle*. 39(3): 79-82.
24. Schmidt, J.P. 1997. Understanding phytotoxicity thresholds for trace elements in land-applied sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 26:4-10.
25. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 SAS Institute Inc. Cary N.C.
26. Seaker, E.M. and W.E. Sopper. 1988a. Municipal sludge for mine reclamation:I. Effects on microbial populations and activity. *J. Environ. Qual.* 17: 591-597.
27. Seaker, E.M. and W.E. Sopper. 1988b. Municipal sludge for mine reclamation:II. Effects on organic matter. *J. Environ. Qual.* 17: 598-602.
28. Sloan, J.J., R.H. Dowdy, M.S. Dolan and D.R. Linden. 1997. Long-term effects of biosólidos applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils. *J. Environ. Qual.* 26:966-974.
29. Sposito, G., L.J. Lund, and A.C. Chang. 1982. Trace elements chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractions of Ni, Cu, Zn, and Pb in solid phases. *Soil Sci. Am. J.* 46:260-264.
30. Sullivan, D. 1998. Fertilizing with Biosolids. PNW 508. 12 p. Oregon State University.
31. Tester, C.F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sand soil. *Soil Sci. Am. J.* 54:827-831.

32. Uribe M., H.R., N. Chávez S. y Ma. S. Espino V. 2000. Los biosólidos como mejoradores de suelos agrícolas y avances de su evaluación en la región de Delicias. Folleto para Productores No. 7. CEDEL-INIFAP. México.

CAPITULO VIII

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS SUSTENTABLES

**Dr. Urbano Nava Camberos¹ , Dr. Manuel Ramírez Delgado¹ , Dr. Keir Francisco Byerly
Murphy²**

¹Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila. E-MAIL:
urbanon@prodigy.net.mx

²Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Parque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco.

INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades causan daños a los cultivos reduciendo los rendimientos y la calidad de la cosecha. Se estima que estos problemas fitosanitarios causan pérdidas de la producción agrícola en México estimadas anualmente entre el 13 y 15%, lo cual equivale a una pérdida económica de alrededor de 2,500 millones de dólares. Adicionalmente, su control implica un incremento en los costos de producción y mayor contaminación ambiental. Al respecto, los productores agrícolas de México gastan alrededor de \$400 millones de dólares al año en plaguicidas y liberan al ambiente más de 25 mil toneladas de ingrediente activo de estos agroquímicos, con el fin de contrarrestar los daños causados por los organismos dañinos de los cultivos (Byerly, comunicación personal).

El control de plagas en las diferentes regiones agrícolas de nuestro país se ha basado fundamentalmente en el uso de insecticidas con las consecuencias negativas ampliamente conocidas, particularmente el incremento en los costos de producción de los cultivos, la resistencia de las plagas a los productos químicos y la contaminación ambiental.

Con base en los patrones de manejo de plagas en el algodón en diferentes regiones agrícolas del mundo, particularmente de países en desarrollo, se han reconocido las siguientes fases, las cuales también son aplicables a otros cultivos (Luckmann y Metcalf, 1994):

- Fase de subsistencia. Es una agricultura de baja escala, de subsistencia, en la que los productos obtenidos son consumidos localmente. Los rendimientos usualmente son bajos. No existe un programa bien estructurado de protección fitosanitaria. El control de plagas se basa en controles naturales, colecta manual, resistencia vegetal de variedades tradicionales de cultivos, variación de sistemas de cultivos y prácticas culturales. Es ampliamente practicada en las áreas tropicales.
- Fase de explotación. Se caracteriza por el desarrollo e implementación de programas de protección fitosanitaria de los cultivos basados solamente en el uso de plaguicidas, los cuales se usan regularmente bajo un programa preestablecido de aplicaciones sin considerar los niveles de infestación y daños de las plagas. Al inicio de estos programas los rendimientos son elevados y los plaguicidas son explotados al máximo.
- Fase de crisis. Se observan problemas de resistencia de las plagas, resurgencia de plagas, generación de problemas con plagas secundarias, los cuales en combinación incrementan los costos de producción y el cultivo deja de ser redituable.
- Fase de desastre. El sistema de producción se colapsa, parcial o totalmente, y el cultivo ya no puede ser sembrado o comercializado redituablemente. Se observa un colapso en los programas de control de plagas, debido a fallas en el control y elevados daños por las plagas, presencia de residuos en suelos y productos alimenticios a niveles intolerables. Esta situación se ha presentado en nuestro país en el cultivo del algodón en la Comarca Lagunera y en la región de Matamoros, Tamps.
- Fase de manejo integrado. Después de la fase de desastre, se implementan programas de manejo integrado de plagas basados en un conocimiento profundo de la biología del cultivo y plagas, sus relaciones con otros organismos y el ambiente físico del agroecosistema del cultivo. Se utilizan tácticas de control compatibles. El enfoque es eficientar y optimizar el control de plagas, en lugar de maximizarlo.

En la mayoría de los países en desarrollo, como México, los programas de manejo de plagas actualmente implementados corresponden a la fase de explotación, por lo que los conceptos y filosofía de MIP deberían ser rápidamente adoptados para evitar las fases de crisis y desastre.

FILOSOFIA Y CONCEPTOS SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

La filosofía de Manejo Integrado de Plagas (MIP) fue desarrollada a principios de la década de los 60's y es el capítulo más reciente en la historia del manejo de plagas. El MIP se originó en el área de la entomología agrícola, debido principalmente a problemas graves de resistencia de las plagas a los insecticidas, que originó la explosión poblacional de plagas secundarias, como consecuencia del uso indiscriminado de insecticidas y su efecto sobre los organismos benéficos. Históricamente, los conceptos y el enfoque del MIP hasta 1960, eran considerados como tabú y aplicados separadamente. Al MIP sólo se le atribuyó utilidad potencial en los 70's y en la actualidad se les considera de importancia primordial para el manejo de cualquier plaga.

El MIP se fundamenta en los principios ecológicos de las interacciones dentro del ecosistema y factores de regulación de las poblaciones, y fueron visualizados a principios del siglo por algunos entomólogos, aunque no se estructuraron entonces como una estrategia de manejo y control de plagas. El MIP es una filosofía que utiliza los principios ecológicos para manejar económicamente las plagas claves en un agroecosistema de un cultivo dado (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990; Horn, 1988; Luna y House, 1990; Smith, 1978). Se han originando diferentes versiones sobre el concepto de MIP.

Definiciones de MIP

Manejo Integrado de Plagas se define como “Una estrategia de control de plagas basada ecológicamente, que depende en gran manera de los factores de mortalidad naturales, tales como enemigos naturales y clima, y que busca tácticas de control que perturben lo menos posible a dichos factores” (Flint y van den Bosch, 1981). Otra definición de MIP es “Un sistema de manejo de plagas que, en el contexto de la conjugación del medio ambiente y la dinámica de población de la especie plaga, utiliza todas las técnicas y métodos más apropiados de la manera más compatible posible y mantiene las poblaciones de plagas a niveles por abajo de aquellos que causan daño económico” (Frisbie y Adkisson, 1985).

Existen muchas definiciones del concepto de MIP; sin embargo, tres elementos son comunes a todas ellas: 1) integración de tácticas (ej. enemigos naturales, prácticas culturales, variedades resistentes e insecticidas) de manera compatible para el manejo de plagas, 2) mantener las poblaciones de plagas por debajo de niveles que causen daño económico

(conceptos de niveles de daño económico y umbral económico) y 3) conservación de la calidad del medio ambiente (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990; Horn, 1988; Luna y House, 1990).

OBJETIVOS DEL MIP

Los principales objetivos a alcanzar en un program de MIP son los siguientes: 1) reducir las pérdidas causadas por los organismos dañinos y minimizar el costo de su control, 2) reducir al máximo los requerimientos de energéticos y 3) mejorar la calidad del ambiente; así como las condiciones de vida y salud pública, mediante la reducción de los peligros de las plagas y del uso ineficaz de las técnicas de control (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990). Zalom y Flint citados por Obando (1997) consideran los siguientes objetivos: 1) reducir el uso de plaguicidas, 2) incrementar la utilización de los métodos de control naturales de plagas, 3) aumentar la predictibilidad y la eficiencia de las técnicas de control, 4) desarrollar programas de manejo de plagas económica, ecológica y socialmente aceptables, y 5) reunir a las disciplinas e instituciones en programas congruentes de MIP.

LA NECESIDAD DE USAR EL MIP

El manejo integrado de plagas es hasta la fecha la mejor alternativa al control de plagas basado exclusivamente en el uso de insecticidas, el cual deriva en los siguientes problemas: 1) resistencia de insectos a los plaguicidas, 2) resurgencia de plagas primarias, 3) incremento de plagas secundarias y su conversión a plagas primarias, 4) riesgos a la salud humana (envenenamientos y muertes por plaguicidas), 5) residuos de plaguicidas en los productos agrícolas, y 6) acumulación de residuos de plaguicidas en especies silvestres. Estos problemas poseen implicaciones sociales, económicas y políticas (Baddii *et al.*, 2000; Luckmann y Metcalf, 1994).

INFORMACIÓN BÁSICA REQUERIDA PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MIP

Para desarrollar un programa de MIP es necesario generar información en las siguientes áreas (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990):

- Patrón de crecimiento del cultivo.
- Biología, comportamiento, fenología y distribución de las plagas primarias.
- Efecto de diferentes fechas de siembra en la incidencia de plagas y abundancia de enemigos naturales.

- Niveles de población de plagas que pueden ser tolerados sin causar una pérdida significativa (umbrales económicos).
- Principales factores de mortalidad naturales que regulan la abundancia y dinámica poblacional de las plagas.
- Efecto de la rotación de cultivos en la abundancia de plagas y enemigos naturales.
- Epocas de abundancia, distribución, e impacto de los principales depredadores, parásitos y patógenos.
- Efecto de hospedantes alternos (reservorios) en plagas y enemigos naturales.
- Efectos de medidas de control en las plagas, factores de mortalidad naturales y en el agroecosistema en general.

ESTRATEGIAS DE MIP

Las estrategias de MIP son: 1) La estrategia de no acción, la cual se caracteriza porque requiere de mucho muestreo y puede ser aplicable bajo las siguientes condiciones: cuando las densidades de plagas son menores que el umbral económico (UE), usualmente cuando los insectos causan daño indirecto y después de un programa de MIP exitoso; 2) La estrategia de reducción de poblaciones, que es la más ampliamente usada, y en la cual se usan tácticas curativas cuando las densidades de las plagas son mayores que el UE o tácticas preventivas basadas en datos históricos de los problemas, tales como enemigos naturales, insecticidas, variedades resistentes y control cultural; 3) La estrategia de reducción de la susceptibilidad del cultivo, en la cual no hay modificación de la población de insectos y cuyas principales tácticas son variedades resistentes y manipulación del ambiente del cultivo, mediante medidas de control cultural, tales como fertilización para incrementar vigor de la planta y cambio de fechas de siembra; y 4) Combinación de estrategias, esta es la estrategia más deseable, ya que el uso de estrategias y tácticas múltiples es un principio básico en el desarrollo de programas de MIP y ellas producen un mayor grado de consistencia en el control de plagas (Badii *et al.*, 2000; Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990).

COMPONENTES DE UN PROGRAMA DE MIP

Un programa de MIP que permita alcanzar los objetivos antes señalados requiere de la ejecución de ciertas actividades básicas entre las que se incluyen las siguientes: registro de los factores climáticos claves que influyen en el desarrollo y abundancia de plagas y plantas, determinación del estado fenológico y de crecimiento del cultivo, identificación de plagas y

enemigos naturales, estimación de la densidad de plagas y enemigos naturales, estimación del daño de plagas al cultivo, predicción de la fenología y densidad de plagas y cultivos, elaboración de un programa de acción o recomendación (selección de tácticas de control adecuadas) e implementar un sistema de información. Las actividades anteriores se pueden agrupar en los siguientes componentes de MIP (Badii *et al.*, 2000; Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990; Luckmann y Metcalf, 1994; Obando, 1997):

1. Herramientas para la toma de decisiones de control:
 - a. Muestreo y monitoreo (biológico y climático)
 - b. Predicción mediante modelos fenológicos
 - c. Umbrales económicos o de acción

2. Tácticas o métodos de control:
 - a. Control cultural
 - b. Control biológico
 - c. Resistencia vegetal
 - d. Control químico

3. Sistemas de información

NIVELES DE INTEGRACIÓN DE TÁCTICAS DE MIP

Para la implementación de programas de MIP, tomando como base el enfoque de sistemas, se requieren los siguientes niveles de integración de tácticas para resolver la diversidad de problemas causados por los organismos dañinos (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990):

Nivel 1. Uso de una o más tácticas en un sistema de manejo para una sola especie de plaga (ej. manejo integrado de gusano rosado).

Nivel 2. Uso de varias tácticas para el manejo de dos o más plagas del mismo taxón (ej. manejo integrado del complejo de plagas insectiles del algodón).

Nivel 3. MIP incluyendo insectos, patógenos y maleza en un cultivo (ej. manejo integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas del algodón).

Nivel 4. MIP para dos o mas cultivos en una misma unidad de producción (ej. MIP de cultivos frutales a nivel rancho, granja o pequeña propiedad).

Nivel 5. MIP para varias unidades de producción en el mismo agroecosistema (ej. MIP de cultivos frutales a nivel municipio).

Nivel 6. MIP para varios agroecosistemas en el mismo sistema producto (ej. MIP de cultivos frutales, básicos, industriales y forrajeros de la Comarca Lagunera o MIP de importancia agrícola a nivel región).

Nivel 7. MIP para varios sistemas producto (ej. MIP de importancia agrícola, forestal y pecuaria de la Comarca Lagunera).

HERRAMIENTAS PARA TOMAR DECISIONES DE CONTROL

Las herramientas básicas para la toma de decisiones de control de plagas son el muestreo y monitoreo, tanto biológico como climático, los modelos de predicción de la fenología de cultivos y plagas; así como los umbrales económicos o de acción, los cuales son reglas de decisión económica para determinar y justificar la necesidad de una acción de control (generalmente la aplicación de insecticidas). En conjunto estas tres herramientas nos permiten definir el momento oportuno; es decir, “el cuando”, para realizar una acción de control (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990).

MUESTREO Y MONITOREO

Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental consiste en el registro continuo de los factores climatológicos que caracterizan a determinado agroecosistema. El monitoreo ambiental es un componente básico del MIP en virtud de que los insectos y sus hospedantes son organismos cuya biología y fenología están estrechamente ligadas al medio ambiente que los rodea, y cualquier cambio en las condiciones ambientales repercute directamente en ellos, alterando su comportamiento. Los factores climáticos que han sido identificados como elementos claves en la distribución y abundancia de las especies insectiles son la temperatura, precipitación pluvial, humedad ambiental, luz, velocidad del viento y presión barométrica. De una u otra forma ha sido demostrado que todos los componentes del clima tienen una influencia directa en la velocidad de desarrollo, fecundidad, longevidad y comportamiento de los insectos y sus hospedantes (Andrewartha y Birch 1954). El historial de la información climática sirve para predecir fenómenos o resultados como, lluvias, época de cosecha y rendimientos, necesidades hídricas

de los cultivos o la dinámica de plagas y enfermedades en el agroecosistema (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990).

Monitoreo Biológico

El monitoreo biológico es el registro continuo del estado que guardan las plagas en relación a cada una de sus etapas biológicas, sus enemigos naturales y la fenología del cultivo. El monitoreo biológico es indispensable ya que permite dar seguimiento al efecto de las acciones de control llevadas a cabo. Con el monitoreo biológico se actualizan y retroalimentan los modelos fenológicos y se validan las predicciones de dichos modelos. El monitoreo biológico puede ser llevado a cabo a nivel regional o de unidad de producción –cultivo-. En forma general, el monitoreo biológico tiene los siguientes dos objetivos fundamentales:

- 1) La identificación de las plagas presentes y su estado biológico en que se encuentran; algunos estados biológicos de la plaga no son dañinos y en ocasiones actúan como organismos benéficos. Mediante la identificación correcta de la plaga es posible diseñar la táctica más apropiada de manejo para atacarla durante su estado más vulnerable o antes de que alcance su estado dañino.

- 2) La determinación de la densidad de población de la plaga, para definir la necesidad de llevar a cabo o no alguna acción de combate, ya sea en el ámbito regional o de unidad de producción.

Por tanto, el registro y uso adecuado de la información biológica es importante en la toma de decisiones de que tipo de táctica usar y cuándo utilizarla. El ahorro económico que los productores pueden lograr utilizando sólo el número necesario de aspersiones de insecticidas, o cualquier otra acción, representa uno de los principales incentivos económicos para realizar un eficiente monitoreo biológico (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990).

MODELOS FENOLÓGICOS DE PREDICCIÓN

Los modelos fenológicos de las plagas claves y cultivos hospedantes son la base para la toma de decisiones de los programas de MIP. Las bases y principios generales que fundamentan el desarrollo de los modelos fenológicos son el entendimiento y aplicación de la teoría ecológica y el de la biología de poblaciones (Getz y Gutiérrez, 1982). Otro factor decisivo en la evolución del MIP es el desarrollo de las técnicas de “enfoque de sistemas”. La filosofía en

la que descansa la metodología del enfoque de sistemas es completamente pragmática, en virtud de que pretende resolver problemas prácticos específicos utilizando técnicas analíticas. En esto, la metodología citada difiere fundamentalmente del enfoque clásico del “modelaje biológico”, el cual pretende, a través de modelos generales, expresar sus principios y teorías (Berryman y Peinar, 1974). Es a través del enfoque de sistemas que los modelos fenológicos se diseñan y desarrollan.

En una primera fase se define estructuralmente el sistema del insecto o cultivo. La definición consiste en fraccionar el sistema en sus componentes e identificar cómo se ensamblan una a otra y, de ser posible, cómo cada uno de los componentes interactúan dentro del sistema (Ruesink, 1976; Berryman y Peinar, 1974); durante esta fase de descripción cualitativa del sistema, la intuición y el razonamiento, juegan un papel invaluable.

Una segunda fase es la formulación del modelo, el cual consiste en describir cuantitativamente los elementos constituyentes del sistema y su interacción a través de ecuaciones que encadenan dichos componentes.

En general se puede decir que los modelos fenológicos proporcionan el flujo de información primario para la toma de decisiones y acciones a seguir en el MIP y que el desarrollo de un modelo fenológico de predicción descansa en el conocimiento básico acerca de la plaga y su medio ambiente. A pesar de la importancia de los modelos fenológicos en el MIP, existen algunas serias limitantes en cuanto a su utilidad. Uno de los principales factores que limitan la utilidad de los modelos fenológicos para pronosticar el estado de las plagas y cultivos es la incapacidad de obtener día a día información real acerca del sistema plaga-cultivo-clima. Debido a que las poblaciones de insectos en un agroecosistema están controladas por una función de temperatura-tiempo, la información precisa del medio ambiente y su efecto en la plaga es clave en la utilidad del modelo fenológico con fines de pronóstico. Por lo anterior, si se trata de sacar la máxima ventaja de los modelos fenológicos en el MIP, los sistemas de recolección y procesamiento de la información biológica y climática proveniente del ecosistema debe de ser lo más preciso posible. La información proporcionada por el monitoreo biológico y ambiental es la clave del éxito de las predicciones de los modelos fenológicos, que son usados en la toma de decisión del “cuándo y dónde” combatir una plaga (Byerly *et al.*, 1998; García y Byerly, 1990).

UMBRALES ECONÓMICOS O DE ACCIÓN

Los umbrales económicos (UE), junto con el monitoreo de plagas y los modelos de predicción, han sido la base para implementar programas de MIP, particularmente para el manejo eficiente de insecticidas. En la mayoría de los casos no existen umbrales económicos, sino umbrales de acción o umbrales nominales desarrollados con base en la experiencia de los productores y técnicos, y sin un fundamento científico (Baddi *et al.*, 2000).

Conceptos de Nivel de Daño Económico y Umbral Económico

Norton y Mumford (1993) definieron tres principales procesos involucrados en la toma de decisiones en programas de MIP: (1) se requiere diagnosticar el problema, identificar la plaga y medir el nivel de infestación y su potencial de daño, (2) es necesario determinar las opciones disponibles para el manejo de la plaga, y medir su disponibilidad, costos y efectividad para reducir el daño de la plaga, y (3) se requiere medir los resultados, en términos de los objetivos buscados por el tomador de decisiones. Este último paso considera alguna forma de medición del costo-beneficio y provee la base sobre la cual la decisión o recomendación de manejo de la plaga puede ser efectuada. La idea más ampliamente aceptada para tomar decisiones de control es el concepto de umbral económico. Stern *et al.* (1959) definieron el umbral económico como “la densidad de población más baja en la cual se deberían iniciar medidas de control para evitar que la plaga alcance una densidad poblacional (el nivel de daño económico) que cause daño al cultivo”. Estos mismos autores definieron el nivel de daño económico como “la densidad de población más baja que causa daño económico”.

Modelo General de Nivel de Daño Económico

El modelo general para el nivel de daño económico (NDE) es (Pedigo *et al.* 1986):

$$NDE = C / V I D$$

donde; NDE = nivel de daño económico, representado como el número de equivalentes de daño por unidad de producción (ej. número de insectos por hectárea), C = costo de la actividad de manejo por unidad de producción (ej. pesos por hectárea), V = valor comercial del producto agrícola por unidad de rendimiento (e.g. pesos por kilogramo), I = unidades de daño por insecto por unidad de producción [ej. proporción defoliada / insecto por hectárea], y D = rendimiento perdido por unidad de daño [ej. (kilogramos de rendimiento perdidos por hectárea) / proporción defoliada]. La respuesta del cultivo (D), la cual es usualmente medida como pérdida de rendimiento en cantidad y/o calidad, y el daño por insecto (I), son los principales componentes del NDE, los cuales deben ser determinados y relacionados por medio de métodos

experimentales precisos. Estos componentes y sus interacciones son específicos de las especies de plaga, son complejos, y dependen de varios factores, tales como niveles de humedad y fertilidad del suelo, temperatura, cultivo, cultivar, fenología y densidad de la plaga. La respuesta general del cultivo a la densidad o daño de la plaga es usualmente sigmoideal, aunque existe considerable variación para relaciones cultivo-plaga específicas.

Tipos de Plagas con Base en la Relación entre la PGE y el NDE

La posición general de equilibrio (PGE) es la densidad poblacional promedio de una especie de insecto plaga a través del tiempo. La densidad poblacional del insecto fluctúa alrededor de este nivel promedio debido a la influencia de factores denso-dependientes tales como depredadores, parasitoides y enfermedades. Los insectos se pueden agrupar en las siguientes categorías con base en la relación entre PGE y NDE (Badii *et al.*, 2000; Luckman y Metcalf, 1994).

- Plaga subeconómica. La posición general de equilibrio (PGE) y su densidad poblacional están siempre por debajo del NDE. Ejemplos: pulgones y chinche *Iygy* en algodónero, en la Comarca Lagunera.
- Plaga ocasional. La PGE está siempre por debajo del NDE y su densidad poblacional ocasionalmente rebasa el NDE. Ejemplos: picudo del algodónero y gusano barrenador de la nuez, en la Comarca Lagunera.
- Plaga perenne. La PGE está siempre por debajo del NDE y su densidad poblacional rebasa el NDE en cada generación. Ejemplos: mosquita blanca de la hoja plateada en siembras intermedias de melón y gusano rosado en algodónero convencional en la Comarca Lagunera.
- Plaga severa. La PGE y la densidad poblacional siempre están por arriba del NDE. Ejemplos: mosquita blanca de la hoja plateada en siembras tardías de melón en la Comarca Lagunera y picudo del algodónero en Delicias, Chih.

Categorías de Umbrales Económicos con Base en su Implementación en MIP

Badii *et al.* (2000) y Metcalf y Luckmann (1994) consideran las siguientes categorías de UE:

- Sin Umbrales. No es posible implementar UE en las siguientes condiciones: 1) tácticas de control preventivas, 2) cuando el muestreo es impráctico, 3) cuando el UE es sumamente bajo y 4) cuando la PGE de la plaga $>$ UE.
- Umbrales nominales. Este tipo de UE son determinados con base en la experiencia de los entomólogos y son los más comunes.

- ❑ Umbrales simples. Este tipo de UE se estiman con base en la respuesta promedio de los cultivos hospederos al daño causado por un insecto plaga y son discretos.
- ❑ Umbrales complejos. Este tipo de UE consideran las interacciones de varias plagas así como los cambios en el ambiente del cultivo que influyen las decisiones de manejo.

Limitantes del Concepto de Umbrales Económicos

Los niveles de decisión para el manejo de los siguientes tipos de plagas no pueden ser determinados mediante los conceptos y el modelo de nivel de daño económico:

- ❑ Insectos vectores de enfermedades.
- ❑ Plagas de importancia médica.
- ❑ Plagas de importancia veterinaria.
- ❑ Patógenos.
- ❑ Plagas que causan daños estéticos o cosméticos.
- ❑ Plagas forestales.
- ❑ Medidas de control preventivas (resistencia vegetal y control cultural).
- ❑ Complejos de plagas actuando simultáneamente y causando diferentes tipos de daño.

TÁCTICAS O MÉTODOS DE CONTROL

Las principales tácticas de MIP son: 1) uso de plaguicidas (control químico), 2) uso de enemigos naturales (control biológico), 3) uso de plantas resistentes, 4) modificación del ambiente del cultivo (control cultural), 5) limitar la capacidad reproductiva de las plagas (técnicas de esterilización) y 6) exclusión de plagas (control legal). Se consideran tácticas preventivas al control cultural, enemigos naturales (introducción y conservación), plantas resistentes y control legal; mientras que las tácticas curativas o correctivas son control químico y enemigos naturales (incremento con liberaciones inundativas).

CONTROL CULTURAL

Las medidas de control cultural (ej. fechas de siembra, destrucción de residuos de cultivos y eliminación de hospedantes alternos) son fundamentales en la formulación e implementación de programas de manejo integrado de plagas. Sin embargo, muchas veces el uso del control cultural en dichos programas es subestimado, debido principalmente a la gran dependencia del uso de insecticidas.

El principio involucrado en el control cultural es la manipulación del medio ambiente para hacerlo menos favorable para las plagas, de tal manera que se ejerza un control económico de las mismas o al menos la reducción de sus tasas de incremento y daño.

Las principales características del control cultural son las siguientes: 1) considera la utilización de prácticas de cultivo ordinarias, 2) en general es de tipo preventivo, 3) en general su impacto es indirecto, 4) se aplica de manera anticipada al momento en que ocurren los problemas de plagas, 5) no causa efecto inmediato, por lo que no es muy espectacular, 6) es muy barato, 7) puede utilizarse en cultivos de bajo valor (en situaciones donde los productores no pueden invertir en insecticidas caros) y 8) se basa en un sólido conocimiento de los hábitos y biología de las plagas y sus interacciones con sus plantas hospedantes y medio ambiente; es decir, se requiere conocer los “puntos débiles” de las plagas.

Las principales ventajas de las medidas de control cultural de manejo de plagas son: 1) buena efectividad, 2) bajo costo y 3) no poseen los efectos negativos relacionados con el uso de insecticidas (resistencia de plagas, resurgencia de plagas y residuos en los productos agrícolas).

Las desventajas del control cultural son las siguientes: 1) su aplicación debe efectuarse mucho antes de que ocurra el daño real de la plaga, 2) no siempre proporciona un control económico y completo de las plagas, 3) puede ser efectivo contra un insecto pero inefectivo contra una especie muy relacionada, 4) algunas medidas de control pueden tener un efecto adverso sobre peces, flora y fauna silvestres y 5) las medidas de control requieren ser adaptadas a prácticas agronómicas nuevas (Horn, 1988; Luna y House, 1990; Luckmann y Metcalf, 1994).

CONTROL BIOLÓGICO

La definición ecológica de control biológico es “la acción de parasitoides, depredadores y patógenos sobre la población de algún organismo para mantenerlo a densidades más bajas de las que ocurrirían en su ausencia”. La definición disciplinaria de control biológico es “localización, importación, estudio, incremento, liberación y conservación de organismos benéficos para el combate de poblaciones de plagas” (DeBach y Rosen, 1991; Horn, 1988; Huffaker y Messenger, 1976; Leyva, 1998; Luna y House, 1990; Metcalf y Luckmann, 1994).

El control biológico posee las siguientes ventajas:

- Es ecológicamente seguro.
- Es permanente una vez establecido.
- Los agentes de control se perpetúan en el campo.
- Los agentes de control se ajustan continuamente a los cambios de población de las plagas que atacan.
- Existen pocos casos de plagas que han desarrollado resistencia a sus enemigos naturales (principalmente parasitoides).
- El control puede tomar de uno a dos años, pero después la plaga se mantiene regulada.
- Es barato una vez establecido.

Sus desventajas son:

- El control biológico es un proceso lento.
- No se elimina completamente a la plaga.
- No funciona con plagas que poseen muy bajos NDE.
- No funciona para plagas que causan daño cosmético.
- Los enemigos naturales pueden contaminar los productos agrícolas.
- Es difícil de aplicar cuando existen complejos de plagas.
- Es difícil de establecer en agroecosistemas efímeros.
- Es difícil de lograr en plagas con gran movilidad o aquellas que se encuentran ocultas en los tejidos vegetales.
- Se requiere un gran esfuerzo en investigación.

Condiciones ideales para el control biológico:

- Agroecosistemas permanentes.
- Plagas indirectas
- Plagas sésiles.
- Plagas expuestas.

El control biológico de plagas es la combinación del uso de tres agentes de control: depredadores, parasitoides y patógenos y tres técnicas o métodos de utilización de los enemigos naturales: control biológico clásico (importación o introducción), conservación e incremento (DeBach y Rosen, 1991; Horn, 1988; Huffaker y Messenger, 1976; Leyva, 1998; Luna y House, 1990; Metcalf y Luckmann, 1994).

Control Biológico Clásico (Importación o Introducción)

Es la introducción y establecimiento de enemigos naturales (especies exóticas) contra plagas de origen exótico. Con esta táctica se espera que los enemigos naturales se establezcan y perpetúen en el campo una vez liberados, sin la intervención posterior del hombre. El principio de esta técnica es que muchas plagas fueron accidentalmente introducidas a nuevas áreas sin su complemento normal de enemigos naturales. Por ejemplo, de las 28 plagas más serias en E.U., 17 (60%) son de origen exótico. El proceso de introducción considera los siguientes pasos básicos (Leyva, 1998):

- ❑ Identificación del lugar de origen de la plaga.
- ❑ Búsqueda de enemigos naturales en su lugar de origen.
- ❑ Introducción (importación) a las áreas donde la plaga está causando daño.
- ❑ Cuarentena.
- ❑ Estudios biológicos.
- ❑ Liberación y colonización en campo.

Algunos ejemplos son: *Rodolia cardinalis* vs. *Icerya purchasi* en California, E. U.; *Cactoblastis cactorum* vs. *Opuntia* spp. en Australia, la enfermedad viral vs. liebres en Australia y *Eretomocerus serius* y *Amitus hesperidum* vs. *Aleurocanthus woglumi* en México.

Conservación

Es la modificación del ambiente para hacerlo más favorable a los enemigos naturales. El principio de esta técnica es que los enemigos naturales nativos son efectivos, pero no pueden controlar a las plagas sin modificar su ambiente. Algunas de las tácticas utilizadas son (Leyva, 1998):

- ❑ Proporcionar refugio.
- ❑ Proporcionar alimento (polen, levadura, néctar).
- ❑ Proporcionar plantas hospedantes o insectos alternos.
- ❑ Modificar prácticas agronómicas adversas.
- ❑ Cambiar el manejo de plaguicidas.

Ejemplos de control biológico mediante conservación son:

- ❑ Manejo integrado de plagas del manzano en Washington, E. U.
- ❑ Manejo integrado de plagas del durazno en California, E. U.

Incremento

Es el aumento artificial de la población de enemigos naturales existentes en el campo. El principio de esta técnica considera que los enemigos naturales nativos son efectivos pero no pueden controlar a la plaga sin la ayuda del hombre para incrementar su población. El control biológico por incremento puede ser mediante liberaciones inoculativas, las cuales consisten en hacer liberaciones periódicas o estacionales de un número reducido de enemigos naturales. La progenie de los individuos liberados proporciona control durante un periodo considerable de tiempo después de la liberación. Por lo tanto, esta táctica no es curativa (Leyva, 1998).

Ejemplos de este enfoque son:

- *Trichogramma* spp. vs. huevecillos de lepidópteros
- Fitoseidos vs. ácaros fitófagos.
- *Pediobios foveolatos* vs. *Epilachna varivestis*
- *Chrysoperla carnea* vs. pulgones

También se pueden efectuar liberaciones inundativas que consisten en la liberación de grandes cantidades de enemigos naturales que produzcan un control rápido (casi inmediato) de la plaga. Por lo tanto, esta táctica es curativa. En este caso, los beneficios de la progenie no son importantes.

Ejemplos de este método son:

- *Trichogramma* spp. vs. huevecillos de lepidópteros
- *Chrysopa* spp. vs. pulgones y otras plagas
- *Hippodamia* spp. vs. pulgones y otras plagas.

RESISTENCIA VEGETAL

Esta táctica de control se define como “la cantidad relativa de características heredables poseídas por la planta, las cuales determinan el grado de daño final hecho por el insecto. En agricultura representa la habilidad de una cierta variedad para producir un rendimiento mayor y de buena calidad que las variedades ordinarias, al mismo nivel de población de insectos plaga” (Painter, 1951).

Las principales ventajas de la resistencia vegetal son:

- ❑ Es específica. Minimiza la degradación ambiental.
- ❑ Es acumulativa. La reducción de la fecundidad de los insectos causa una reducción en la densidad de la plaga.
- ❑ Es duradera. En la mayoría de los casos es durable.
- ❑ Es compatible. Es apropiada para programas de MIP ya que hay compatibilidad con otras tácticas de control y con el manejo del cultivo. Se presenta sinergismo con el control biológico.
- ❑ Es barata y de alta rentabilidad. Es más rentable que el uso de insecticidas.

Las principales desventajas de la resistencia vegetal son:

- ❑ No es útil cuando el NDE es bajo.
- ❑ No es útil cuando el daño cosmético es importante.
- ❑ Se requiere un período de tiempo prolongado para desarrollar variedades resistentes.
- ❑ Se pueden requerir diferentes cultivares resistentes para regiones geográficas diferentes.
- ❑ Se pueden desarrollar biotipos de insectos resistentes.

Los mecanismos de resistencia de las plantas a las plagas son antixenosis (no preferencia), antibiosis y tolerancia (Kogan, 1994; Smith, 1989).

Antixenosis (No preferencia)

Es la no preferencia de los insectos para ovipositar y alimentarse de las plantas (Painter, 1951). La preferencia para alimentación y oviposición de los insectos es fuertemente inhibida por algunas características de la planta. Este mecanismo de resistencia posee las siguientes características:

- ❑ La resistencia por antixenosis afecta ya sea el comportamiento o la fisiología del insecto.
- ❑ Este mecanismo de resistencia se puede expresar en un cultivar a través de características químicas o físicas (morfológicas):
 - a) Químicas (aleloquímicos): repelentes e inhibidores.
 - b) Físicas (morfológica de la planta): tricomas, ceras superficiales, grosor de tejidos, etc.

Su principal desventaja es que bajo una situación de no elección los insectos comen cualquier planta y el mecanismo no funciona a niveles bajos de resistencia. La antixenosis física es más duradera que la aleloquímica.

Ejemplos de resistencia vegetal por antixenosis:

- Química: variedades de pepino con niveles reducidos de cucurbitacinas son resistentes a crisomélidos.
- Morfológica: las variedades de algodónero de hoja lisa tipo Deltapine son mucho menos preferidas por la mosquita blanca de la hoja plateada que las pubescentes tipo Stoneville.

Antibiosis

Consiste en los efectos negativos de la planta en la biología del insecto. Considera todos los efectos adversos de una planta resistente en la biología de un insecto que intenta utilizar a dicha planta como hospedante. Este mecanismo de resistencia tiene las siguientes características (Painter, 1951):

- La antibiosis afecta la fisiología del insecto, usualmente deteriora los procesos metabólicos.
- Comúnmente involucra el consumo de aleloquímicos vegetales por el insecto.
- Este mecanismo de resistencia se puede expresar en un cultivar a través de defensas químicas o físicas (morfológicas):
 - a) Químicas (aleloquímicos): toxinas, inhibidores del crecimiento, niveles bajos de nutrientes.
 - b) Físicas (morfológica de la planta): tricomas (glandulares o no glandulares), sílica y lignina.

La principal desventaja de la resistencia vegetal por antibiosis es que puede ejercer una alta presión de selección sobre el insecto, principalmente con resistencia monogénica, para el desarrollo de biotipos más virulentos.

Ejemplos de resistencia vegetal por antibiosis:

- Variedades de maíz con altas concentraciones del compuesto DIMBOA son resistentes al barrenador europeo del maíz, *Ostrinia nubilalis* (Hubner).
- Variedades transgénicas de algodónero Bollgard y Bollgard II que expresan las endotoxinas cry 1Ac y cry2Ab del *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* son altamente resistentes al gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) y gusano tabacalero, *Heliothis virescens* (Fabricius).

Tolerancia

Es la habilidad de la planta para soportar el ataque del insecto (Painter, 1951). Es la habilidad de una planta para soportar el daño del insecto y continuar la producción a niveles redituables. Las características de la resistencia vegetal por tolerancia son:

- ❑ Involucra solo características y respuestas de la planta.
- ❑ La planta no afecta al insecto.
- ❑ Por lo anterior, este mecanismo de resistencia no es parte de una interacción planta-insecto.
- ❑ Frecuentemente ocurre en combinación con antixenosis y antibiosis.
- ❑ No ejerce presión de selección sobre las poblaciones de insectos.
- ❑ Este mecanismo de resistencia se puede expresar en un cultivar a través de los siguientes componentes: vigor general, crecimiento compensatorio en plantas individuales y/o en la población de plantas, curación de lesiones, soporte mecánico en tejidos y órganos, y cambios en la distribución de fotosintatos.

La principal desventaja de la resistencia vegetal por tolerancia es que es más fuertemente afectada por variaciones ambientales que la antixenosis o antibiosis.

Ejemplos de resistencia vegetal por tolerancia:

- ❑ El cultivo de soya es un ejemplo sobresaliente de compensación a nivel de comunidad por pérdidas de plantas en etapas iniciales del ciclo del cultivo debidas al ataque de plagas tempranas.

CONTROL QUÍMICO

Es el uso de insecticidas, atrayentes, repelentes, esterilizantes e inhibidores del crecimiento.

Actualmente el control químico de plagas mediante el uso de insecticidas es el método dominante en la mayoría de las regiones agrícolas de nuestro país. Las ventajas del empleo de insecticidas son: 1) constituyen el único método de control práctico y confiable cuando las poblaciones de plagas se encuentran cerca o por arriba del umbral de acción, 2) poseen una acción curativa rápida para prevenir daños económicos, 3) ofrecen una gama amplia de propiedades, usos y métodos de aplicación para diferentes situaciones de plagas, 4) las relaciones beneficio/costo por su utilización son generalmente favorables. Sin embargo, el control de plagas basado exclusivamente en el uso de insecticidas posee las siguientes

limitantes: 1) desarrollo de resistencia de las plagas a los productos químicos, 2) efectos adversos sobre especies de enemigos naturales, polinizadores y animales silvestres, 3) resurgencia de las poblaciones de plagas tratadas, 4) incremento de plagas secundarias, 4) problemas con residuos en alimentos, agua y suelo, y 5) daños directos por su alta toxicidad a animales y humanos (Metcalf, 1994).

La selección de insecticidas para un programa de MIP debe basarse en los siguientes criterios: propiedades químicas del producto, su actividad biológica sobre la especie de plaga objeto de control, toxicidad a humanos y animales domésticos, sus efectos sobre los organismos no objeto de control, tales como cultivos, enemigos naturales, polinizadores y animales silvestres; así como su persistencia ambiental en el aire, agua, suelo y alimentos. Al respecto, Metcalf (1994) propuso seleccionar a los insecticidas para su uso en programas de MIP con base en un sistema de calificación que considera su toxicidad aguda a humanos y animales domésticos, toxicidad global para tres importantes organismos indicadores ambientales (faisán, trucha y abeja melífera) y persistencia ambiental.

De acuerdo con Pacheco (1998) los criterios de selección de productos químicos para conformar una estrategia de manejo regional de insecticidas para hacer frente al problema de desarrollo de resistencia debe basarse en los siguientes criterios: 1) estudios de efectividad biológica de insecticidas, 2) estudios de resistencia, 3) estudios de análisis del uso de insecticidas, 4) afinidad de mecanismos de resistencia, 5) patrón de cultivos-plaga y 6) registro vigente ante CICOPLAFEST.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Bajo el concepto del MIP las acciones de control se toman en función del pronóstico del estado de la plaga y el cultivo, en base a la información recabada a través del monitoreo biológico y ambiental, en contraste con el manejo tradicional de plagas, en el cual las acciones de control se deciden después de cierto nivel de daño, densidad de población o por sistema, a través de acciones calendarizadas y/o automáticas.

Por lo anterior, el sistema de información requerido en el MIP debe de ser diseñado de tal forma que permita responder con rapidez a las situaciones cambiantes que se presentan en un ecosistema de determinado cultivo.

Debido a que el tiempo de acción es fundamental en el éxito del MIP, la pronta respuesta del sistema permite ejecutar recomendaciones de combate a tiempo para remediar cualquier situación imprevista.

Las dimensiones que toma un programa de MIP implica una tremenda diversidad de actividades llevadas a cabo por muy diferentes tipos de individuos, mismas que interactúan a diferentes niveles en tiempo y espacio dependiendo del cultivo y la plaga de que se trate.

Croft, *et al.*, (1976), señalaron que tal complejidad impone necesidades y restricciones en el diseño del sistema de información MIP (Sistema captura-despacho de información) entre las que se consideran las siguientes:

- El sistema debe de ser flexible y capaz de recolectar, procesar y diseminar con rapidez conjuntos voluminosos de datos. Los programas de extensión tradicionales tiene la tendencia a enfatizar en la diseminación de información, más que en su captura debido a que su capacidad para recibir datos es limitada. Bajo la metodología del MIP se pone énfasis en adquirir la mayor cantidad posible de información biológica a través del personal del sector privado, oficial, productores, etc. Las observaciones recopiladas deben ser analizadas con rapidez y las recomendaciones de acción restantes difundidas ampliamente en el menor tiempo posible.
- Cuando se maneja una diversidad de plagas y cultivos, es posible que en cualquier momento dado, algún equipo de individuos sin coordinación, pueda estar expandiendo, refinando o utilizando elementos de su propio MIP. Lo anterior requiere un sistema de organización que permita que esos esfuerzos continúen independientemente sin que resulten en una actuación fragmentada o desviada.
- A pesar de las distancias y los problemas logísticos que implica la implementación de un programa de MIP, el sistema debe ser accesible de inmediato. Bao estas consideraciones y en combinación con las necesidades que cambian de una estación a otra, se impone el uso de equipo de comunicación y captura de datos simple y portátil, para ser utilizado en el campo.
- Los usuarios en zonas alejadas deben ser capaces de trabajar interactivamente con el sistema, a manera de preguntas y respuestas de tal forma que las necesidades de los usuarios con poca preparación puedan ser satisfechas a través de palabras y frases del lenguaje diario. Si por alguna razón el usuario no está seguro de las respuestas obtenidas,

éste deberá de ser capaz de solicitar y recibir una explicación detallada de sus opciones de acción.

- El sistema debe tener una variedad de formas de salida para servir a la gama de necesidades que implica la gran diversidad de usuarios. Por ejemplo, algunos agricultores estarían interesados en los picos poblacionales de una plaga en su cultivo mientras que un extensionista pudiera desear un resumen regional.
- Finalmente, cualquier sistema debe tener algunos medios de evaluar su actuación y eficacia. Además, el sistema debe ser lo suficientemente flexible para que permita hacer con rapidez los ajustes sugeridos en las evaluaciones.

NIVELES SISTEMÁTICOS DE OPERACIÓN PARA UN MIP

Cuadro 1. Niveles de operación y actividades correspondientes para un programa de MIP (Byerly et al., 1998; García y Byerly, 1990).

| Nivel de operación | Ejemplos y naturaleza de las actividades |
|----------------------|---|
| Investigación básica | Obtención de datos fundamentales de investigaciones con relación al crecimiento del cultivo, biología de la plaga o enfermedad, desarrollo de técnicas nuevas, métodos de muestreo y cuantificación, desarrollo de nuevas tácticas, ecuaciones modelo de las relaciones de cambio de los procesos, definición de niveles de daño económicos y descripción de los procesos involucrados. |
| Síntesis | Conceptualización de los componentes del sistema y sus interacciones, de los datos base producto de la investigación, análisis económico de costos, efectos de clima, predicción de la plaga, selección de las tácticas de control, monitoreo y simulación por los modelos generados. |
| Demostración | Validar la seguridad de las tácticas, el potencial de rendimiento, la respuesta del sistema, uso de enemigos naturales, validar la efectividad del costo de la estrategia, pruebas piloto, toma de decisiones y manejo. |
| Entrenamiento | Instruir a los muestreadores y educar a los usuarios, agentes de cambio y especialistas; cursos cortos y talleres de trabajo relacionados con los conceptos y técnicas desarrolladas a la fecha. |
| Implementación | Liberación para su uso en gran escala, para los muestreadores, de los procesos de toma de decisiones y de las tácticas de manejo. |

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MIP

La implementación de un programa de MIP consiste en poner en acción todos sus componentes. Lo anterior, requiere de un elaborado plan de actividades a seguir, preparado por los especialistas tanto del área de entomología, como del cultivo, a fin de obtener los diversos tipos de información requeridos para entender y operar el sistema del grupo interdisciplinario.

Es importante señalar que un factor clave en el éxito del MIP es el elemento humano del sistema, quien toma y ejecuta las decisiones correspondientes, por consiguiente el MIP requiere atención profesional. Sobre la base de esa premisa, todo aquel personal que toma y ejecuta decisiones con base a las normas del MIP, debe tener conocimientos biológicos y ecológicos sólidos que permitan evaluar la eficacia de las técnicas y los efectos directos o indirectos de éstas dentro y fuera del área de acción. Un técnico desorientado o mal preparado representa al peor enemigo de un programa de MIP.

A continuación se transcribe una breve guía para establecer un programa de MIP como lo sugieren Flint y van den Bosch (1981), aclarando que los puntos que se mencionan no son los únicos, sin embargo, se pueden considerar como los básicos para dicha implementación.

Guía para la implementación de un programa de manejo integrado de plagas (Flint y van den Bosch, 1981):

- Conozca la biología del cultivo o recurso, y de cómo el ecosistema circundante lo influencia. Lo antes señalado es de gran importancia sobre todo cuando se evalúa el “cómo y cuándo” pueden ocurrir daños de consideración al cultivo o recurso. Especial interés revisten algunas preguntas como qué tipo de ciclo tiene el cultivo, qué factor promueve el crecimiento al comienzo del período vegetativo –temperatura, humedad, fotoperíodo o la interacción de los tres-, cómo responde la planta al daño ocasionada –sequía, deficiencia de nutrimentos o temperatura-, o cuál es la tasa de desarrollo del recurso bajo diferentes condiciones ambientales, entre otras preguntas. En resumen, esto significa conocer cómo el medio ambiente físico influencia la biología del cultivo en un ecosistema específico.
- Identifique las plagas “claves”; conozca su biología, identifique el daño que causan e inicie estudios acerca de su situación económica. Las plagas claves son aquellos organismos que cada ciclo vegetativo causan reducciones significativas, en el rendimiento o calidad del recurso cultivo, a menos que sean tomadas algunas acciones de manejo de plagas para controlarlas. Dichos organismos son las plagas alrededor de las cuales los programas de

MIP son establecidos. Las plagas claves no siempre son las especies más numerosas en el ecosistema, sin embargo, la mayoría de las veces son las que causan los daños más significativos. Para precisar la clasificación de una especie como plaga clave, depende de la sincronización de su estado dañino –ejemplo larva-, con el estado vulnerable del recurso –ejemplo fruto-, del tipo de daño, de la tolerancia de la planta, tolerancia del consumidor a cierto nivel de daño y del potencial dañino individual de cada organismo plaga.

- Identifique tan rápido como sea posible los factores ambientales claves que inciden (favorable o adversamente) sobre la plaga y especies plaga potenciales en el ecosistema. En un ecosistema dado, qué factores limitan la supervivencia y reproducción de la plaga clave. Dentro de los factores limitantes prioritarios están los enemigos naturales – parasitoides, depredadores y patógenos; además, la temperatura, disponibilidad de agua y alimento, fotoperíodo, y refugio, entre otros, que frecuentemente limitan el desarrollo de las poblaciones plaga.
- Considere los conceptos, métodos y materiales que individualmente o en combinación ayuden a suprimir o frenar la plaga o plagas potenciales. El daño que ocasionan las plagas puede ser permanentemente reducido, minimizando su posición de equilibrio dentro del ecosistema. Algunas maneras de alterar el equilibrio de las plagas pueden ser la introducción de nuevos enemigos naturales, o la alteración única del medio ambiente de la plaga de tal suerte que su supervivencia y reproducción sea puesta en peligro, por ejemplo, mediante la remoción de sitios de apareamiento y refugio.
- Estructure el programa de tal forma que tenga la flexibilidad requerida para ajustarse a cambios imprevistos, en otras palabras, evite programas rígidos que no puedan ser modificados para ajustarse a variaciones de un campo a otro, de un área a otra o de un año a otro. Nunca un ataque de plagas es igual; siempre habrá diferencias significativas en el tamaño de la población, aún entre campos vecinos. Para ser más precisos, el programa de combate de plagas que el año anterior trabajó perfectamente, puede ser totalmente inapropiado para el complejo de plagas presente en este año y en el mismo sitio.
- Anticípese a los acontecimientos imprevistos, contemple la posibilidad de fracasos y muévase con cautela. Ante todo, estar consciente de la complejidad del recurso ecosistema y de los cambios que pueden ocurrir dentro de él. El especialista en MP debe mantenerse atento al pulso del ecosistema y ser capaz de reconocer las primeras señales de posibles cambios. Por ejemplo, presencia de huevecillos de un nuevo herbívoro, llegada de depredadores emigrantes, cambio en algunas características de la planta que indiquen un nuevo estrés, etc.

- Busque los puntos débiles del ciclo de vida de la plaga clave y deliberadamente dirija las prácticas de combate lo más cercano posible a estos puntos. Evitar el impacto amplio en el recurso ecosistema. –Cuándo la especie plaga es más vulnerable, frecuentemente los plaguicidas son más efectivos en ciertos estados de su ciclo biológico.
- Cuando sea posible, considere y desarrolle métodos que preserve, complementen y aumenten los factores de mortalidad tanto bióticos como abióticos que caracterizan el ecosistema. Por ejemplo, el barbecho después de la cosecha expone a larvas y pupas hibernantes a depredadores, frío, calor y deshidratación. La provisión de sitios para anidar propicia la depredación por pájaros que se alimentan de insectos. Una estrategia muy importante para preservar la ocurrencia de los factores naturales de mortalidad, es el uso de insecticidas selectivos, los cuales solamente matan la plaga objeto del control. Similar objetivo puede ser alcanzado a través de la aplicación oportuna de insecticidas.
- En lo posible, intente diversificar el ecosistema. En comparación con el ecosistema natural, la diversidad en un ecosistema manejado ha decrecido en todos sus niveles, con decremento en la estabilidad del ecosistema y de la habilidad para resistir nuevas condiciones de estrés.
- Asegúrese e insista en que la supervisión técnica del programa esté disponible. Para el éxito de un programa de MIP una inspección efectiva es absolutamente esencial. No existe manera de conocer que está pasando en el ecosistema manejado sin un muestreo cuidados y sistemático de plagas y enemigos naturales y sin evaluación del desarrollo del cultivo en cada área bajo manejo. Lo anterior requiere de profesionales del MIP bien capacitados y entrenados. Personal mal entrenado, sobrecargado, o asesores con intereses personales pueden tener la tendencia a tomar pocas muestras, tomarlas mal o ignorar indicios de problemas futuros en el ecosistema bajo manejo.

EJEMPLO DE UN PROGRAMA DE MIP EL CASO DEL ALGODONERO

FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Las etapas fenológicas más importantes del cultivo del algodón (variedad Deltapine 80, sembrado bajo el sistema de producción tradicional en la Comarca Lagunera), así como la duración de los órganos fructíferos en unidades calor se muestran en los Cuadros 2 y 3, respectivamente. El período fructífero del algodón, comprendido de primeros cuadros a primeros capullos, tiene una duración de 1175 unidades calor mientras que de primeros cuadros al 50% de capullos requiere de 1625 unidades calor (Nava y Byerly, 1990).

Cuadro 2. Etapas fenológicas del algodón en unidades calor > 12 °C, a partir de la siembra.

| Etapa | Unidades Calor |
|-----------------------------|----------------|
| Primeros cuadros | 474 |
| Primeras flores | 827 |
| Máxima densidad de cuadros | 1126 |
| Máxima densidad de bellotas | 1555 |
| Primeros capullos | 1649 |

Cuadro 3. Períodos de desarrollo de los órganos fructíferos del algodón en unidades calor > 12 °C.

| Organo Fructífero | Unidades Calor |
|-------------------|----------------|
| Cuadro | 353 |
| Flor | 14 |
| Bellota | 822 |
| Total | 1189 |

COMPLEJO DE PLAGAS

Uno de los principales problemas limitantes de la producción de algodón en la Comarca Lagunera lo constituyen las plagas. Las principales plagas del algodón en la región son el

gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), gusano bellotero, *Heliothis zea* Boddie, gusano tabacalero, *H. virescens* Fabricius, y la conchuela del algodnero, *Chlorochroa ligata* Say (Figura 1). El picudo del algodnero, *Anthonomus grandis* Boheman, ocasionalmente llega a constituirse en plaga en esta región. La mosquita blanca de la hoja plateada, *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, es actualmente una plaga de importancia económica en este cultivo. De los insectos defoliadores el gusano soldado, *Spodoptera exigua* Hubner (Figura 2), se ha constituido en un serio problema entomológico durante los dos últimos años, alcanzando niveles poblacionales considerablemente altos, lo cual ha propiciado la necesidad de realizar varias aplicaciones de insecticidas para su control. Se estima que el combate químico de plagas en el algodnero representa del 20 al 25 % del costo de producción total en la región. Durante 1998, 1999 y 2000 se realizaron 3.2, 3.5 y 2.0 aplicaciones de insecticidas por ha, respectivamente (Nava, 2000; Nava et al., 2001; Ramírez y Nava, 2000; Sánchez, 2000).

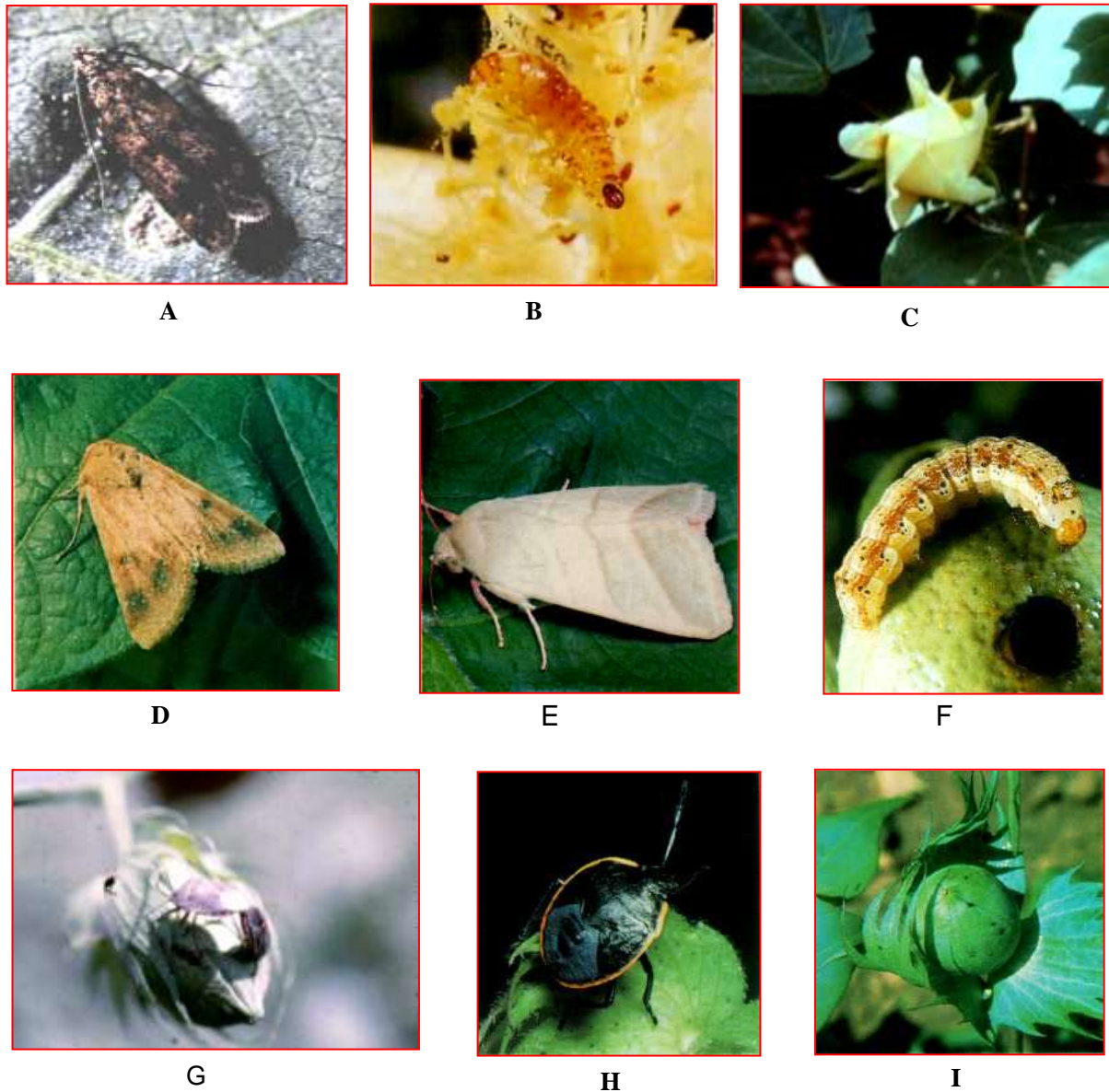


Figura 1. Características morfológicas del adulto (A) y larva de cuarto instar (B), y síntoma característico de “flor rosetada” (C) causado por las larvas del gusano rosado; características morfológicas de los adultos de *H. zea* (D) y *H. virescens* (E), larva desarrollada y daño típico en una bellota (F) causado por la larva del gusano bellotero; características morfológicas de adultos (G), ninfa (H) y daño típico de la conchuela en una bellota (I).

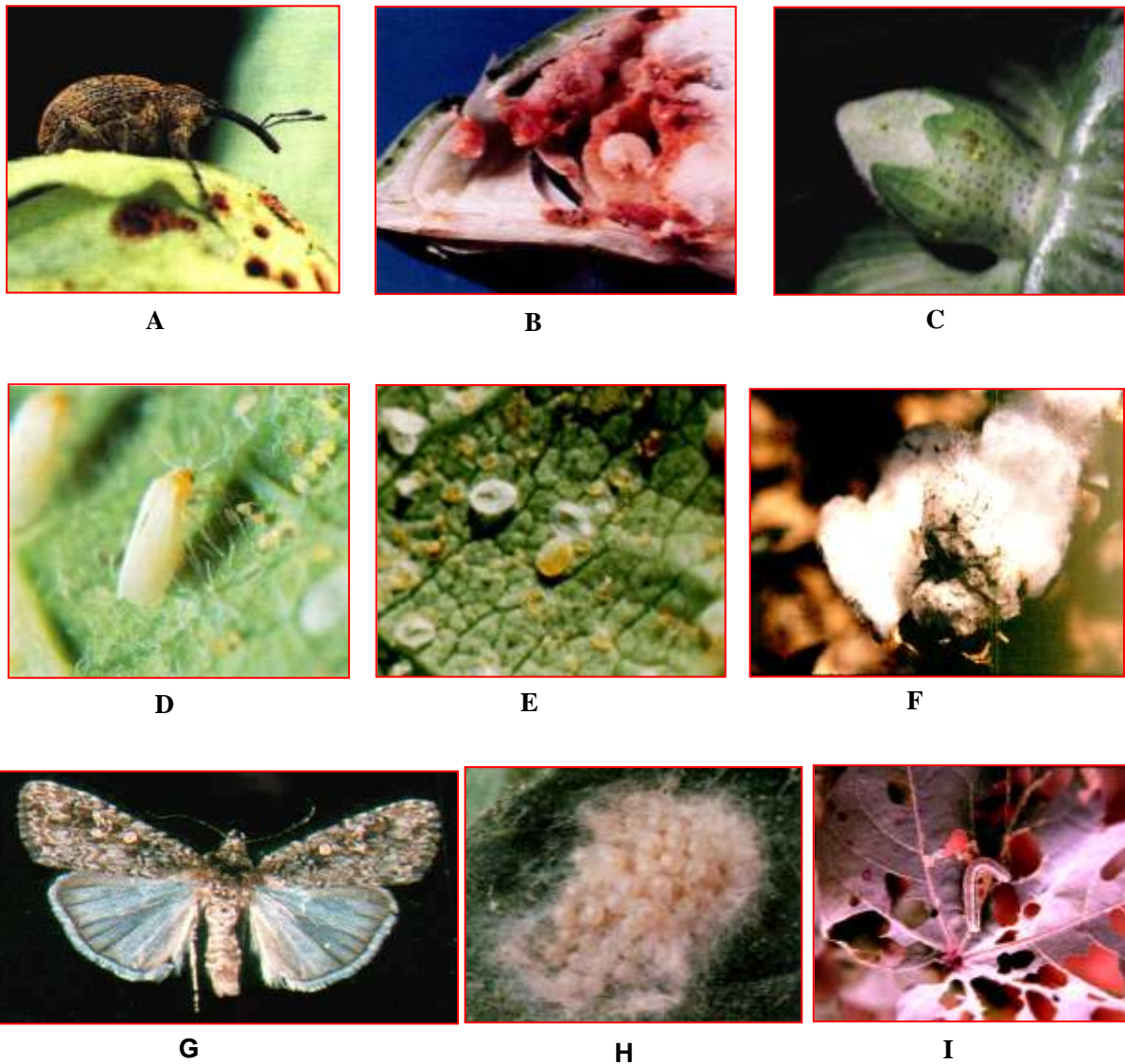


Figura 2. Características morfológicas del adulto (A), larva y daño típico en una bellota (B) y ovipostura en un cuadro (C) por picudo, características morfológicas del adulto y huevecillos (D), ninfas y exuvias (E) y daño típico a la fibra del algodón (F) de la mosquita blanca de la hoja plateada y características morfológicas del adulto (G), masa de huevecillos (H), larva desarrollada y daño típico en una hoja de algodnero (I) por el gusano soldado.

HERRAMIENTAS PARA TOMAR DECISIONES DE CONTROL

Modelos Fenológicos de Predicción Mediante Acumulación de Unidades Calor

Actualmente existen modelos fenológicos basados en los requerimientos de unidades calor (constantes térmicas) para las principales plagas del algodón. Por ejemplo, el Cuadro 4 muestra los requerimientos de unidades calor para cada una de las diferentes etapas biológicas del gusano rosado. El ciclo biológico completo, y por lo tanto el tiempo de una generación, requiere de 473 unidades calor en promedio, si las larvas se alimentan en cuadros y de 545 unidades calor, si las larvas se alimentan en bellotas (Nava y Byerly, 1990).

Cuadro 4. Períodos de desarrollo de las etapas biológicas del gusano rosado en unidades calor >12 °C.

| Etapa Biológica | Unidades Calor |
|-------------------|----------------|
| Preoviposición | 28 |
| Huevecillo | 73 |
| Larva en cuadros | 248 |
| Larva en bellotas | 320 |
| Pupa | 124 |
| Total en cuadros | 473 |
| Total en bellotas | 545 |

El Cuadro 5, muestra las épocas en que se presentan las etapas fenológicas más importantes del gusano rosado y como se relacionan éstas con las principales etapas fenológicas del cultivo. Puesto que el gusano rosado es una plaga que ataca a las

fructificaciones, la primera generación de la temporada inicia con la aparición de cuadros susceptibles, lo cual ocurre a las 600 unidades calor acumuladas desde el momento de la siembra. A lo largo del período fructífero del algodnero, solamente pueden producirse tres generaciones del insecto, existiendo sólo dos épocas críticas de control químico, correspondiendo la primera de las 1045 a 1146 unidades calor y la segunda de las 1590 a 1691 unidades calor. La tercera generación de adultos ya no se combate con insecticidas debido a que ocurre cuando el algodnero se encuentra completamente maduro (Nava y Byerly, 1990).

Cuadro 5. Relación fenológica entre el gusano rosado y el algodnero en unidades calor >12 °C.

| Gusano Rosado | | Etapas Fenológicas del Algodnero | Unidades Calor desde la Siembra |
|---------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Generación | Etapa Fenológica | | |
| Primera | Huevecillos | 1os. cuadros susceptibles | 600 |
| | Larvas | | 673 |
| | Larvas 4º. Instar | 1as. Flores (rosetadas) | 827 |
| | Pupas | | 921 |
| | Adultos | 1as. Bellotas susceptibles | 1045 |
| Segunda | Huevecillos | | 1073 |
| | Larvas | Max. Densidad de cuadros | 1146 |
| | Pupas | 1as. bellotas con salidas | 1466 |
| | Adultos | Max. Densidad de bellotas | 1590 |
| Tercera | Huevecillos | | 1618 |
| | Larvas | 1os. capullos | 1691 |
| | Pupas | | 2011 |
| | Adultos | | 2131 |

Muestreo y Umbrales de Acción

El muestreo del gusano rosado debe iniciarse a partir de la segunda semana de floración, cuando se observen las primeras bellotas susceptibles (15 a 30 días de edad). El muestreo consiste en coleccionar 25 bellotas susceptibles al azar en cada uno de los cuadrantes

del predio de una área no mayor de 40 hectáreas y contabilizar las bellotas con larvas de primero y segundo instares. El umbral de acción para tomar decisiones de control mediante insecticidas es de 10 a 12 % de bellotas infestadas (Nava, 2000).

Para el complejo *Heliothis* se recomienda revisar las terminales (follaje y cuadros chicos) de 100 plantas tomadas al azar por cada 20 hectáreas y contar los huevecillos y larvas de primero a tercer instares (menores de 1.0 cm). Los predios se deberán dividir en cuadrantes y revisar 25 terminales al azar en cada uno. Otra opción es el método de “cinco de oros”, el cual consiste en tomar 20 terminales en cinco puntos del predio. Se justifica aplicar insecticidas cuando se encuentren 6 larvas por 100 terminales. El conteo de huevecillos es útil para determinar la efectividad de las aplicaciones, el impacto de los enemigos naturales y la frecuencia de muestreo (Nava, 2000).

El muestreo del picudo del algodonoero consiste en inspeccionar semanalmente 100 cuadros de por lo menos 1/3 de desarrollo al azar por predio. Los cuadros se deben coleccionar de al menos cuatro sitios representativos del predio y de varias partes de la planta. Se recomienda aplicar insecticidas contra esta plaga cuando se encuentren 6 % de cuadros dañados por alimentación y ovipostura (Nava, 2000).

Para la conchuela el procedimiento de muestreo es igual que para el gusano rosado y de hecho se revisan las mismas bellotas para ambas plagas. Las bellotas dañadas por la conchuela presentan verrugas de forma irregular, de color blanco mate y con frecuencia en grupos, en el interior de los carpelos y el manchado de la fibra es extensivo; mientras que el gusano rosado produce verrugas redondeadas, translúcidas y usualmente aisladas, y el manchado de la fibra se localiza alrededor del sitio de alimentación de la larva. El umbral de acción para aplicar insecticidas es de 4 % de bellotas dañadas (Nava, 2000).

Para el caso del gusano soldado, en Texas se recomienda revisar las plantas en secciones de 30 metros de surco en varios sitios del predio y contar las masas de huevecillos recién eclosionadas (con larvas activas recién emergidas). Se sugiere aplicar insecticidas cuando se tenga un promedio de 2 masas de larvitas por 30 metros durante el período

comprendido de primeros cuadros a primeros capullos (Nava, 2000). También se sugiere revisar 100 plantas al azar por predio y contar las larvas presentes. El umbral de acción sugerido es de 40 larvas por 100 plantas (Nava, 2000).

El muestreo numérico de ninfas grandes de la mosquita blanca de la hoja plateada considera una unidad de muestreo de un disco foliar de 3.8 cm² tomado del segundo sector de la quinta hoja del tallo principal a partir de la terminal de la planta. Para adultos, la unidad de muestreo es el envés de una hoja tomada del quinto nudo. El tamaño de muestra recomendado es de 30 hojas por predio. El muestreo binomial consiste en muestrear 30 hojas del quinto nudo y recomendar acciones de control para la región de Arizona cuando se tenga un 60% de hojas infestadas con al menos 3 adultos por hoja, lo cual corresponde a un umbral de 5 adultos por hoja (Ellsworth et al., 1996; Naranjo y Flint, 1994 y 1995; Naranjo, 1995).

TÁCTICAS O MÉTODOS DE CONTROL

Control Cultural

Las prácticas culturales más importantes para el manejo de plagas son fechas de siembra, acortamiento del ciclo fructífero del cultivo y destrucción de residuos de cosecha. La fecha de siembra del 1º. al 10 de abril, es la más recomendable tanto por los buenos rendimientos que se obtienen, como por la eliminación de un alto porcentaje de emergencia hibernante del gusano rosado (“emergencia suicida”). La “emergencia suicida” puede variar de un 31 % a un 95 %, dependiendo de las condiciones climáticas de precipitación y temperatura a principios del año. En 1997 la emergencia de palomillas hibernantes del gusano rosado se adelantó y la aparición de los primeros cuadros susceptibles ocurrió a mediados de mayo, de manera que la emergencia “suicida” fue del 95 % (Figura 3). El acortamiento del ciclo fructífero del cultivo se puede lograr mediante el establecimiento del sistema de producción de algodón en altas poblaciones de plantas, el cual consiste en establecer una densidad de 120,000 plantas por hectárea, y solo tres riegos de auxilio. También se pueden eliminar fructificaciones tardías mediante la aplicación de defoliantes. Las labores fitosanitarias deben efectuarse antes de que la mayor parte de la población de larvas de gusano rosado entren en diapausa, con el objeto de lograr un control cultural efectivo de la plaga. A medida que dichas prácticas culturales se retrasan, el control de la población de larvas diapáusicas es más bajo y una mayor emergencia ocurre el siguiente año (Cuadro 6) (Nava, 1987). La eliminación de malezas

hospedantes de la mosquita blanca en áreas aledañas al algodónero ayuda a reducir las migraciones de la plaga hacia el cultivo (Nava, 2000).

Cuadro 6. Efecto de la fecha de ejecución de las labores fitosanitarias de desvare y barbecho en la emergencia de palomillas hibernantes.

| Fecha de desvare y barbecho | Palomillas emergidas | |
|--------------------------------|----------------------|---------|
| | Por m ² | Por ha |
| 15 de septiembre | 5.9 | 59,375 |
| 15 de octubre | 6.3 | 63,125 |
| 15 de noviembre | 8.7 | 86,875 |
| 15 de diciembre | 14.0 | 140,000 |

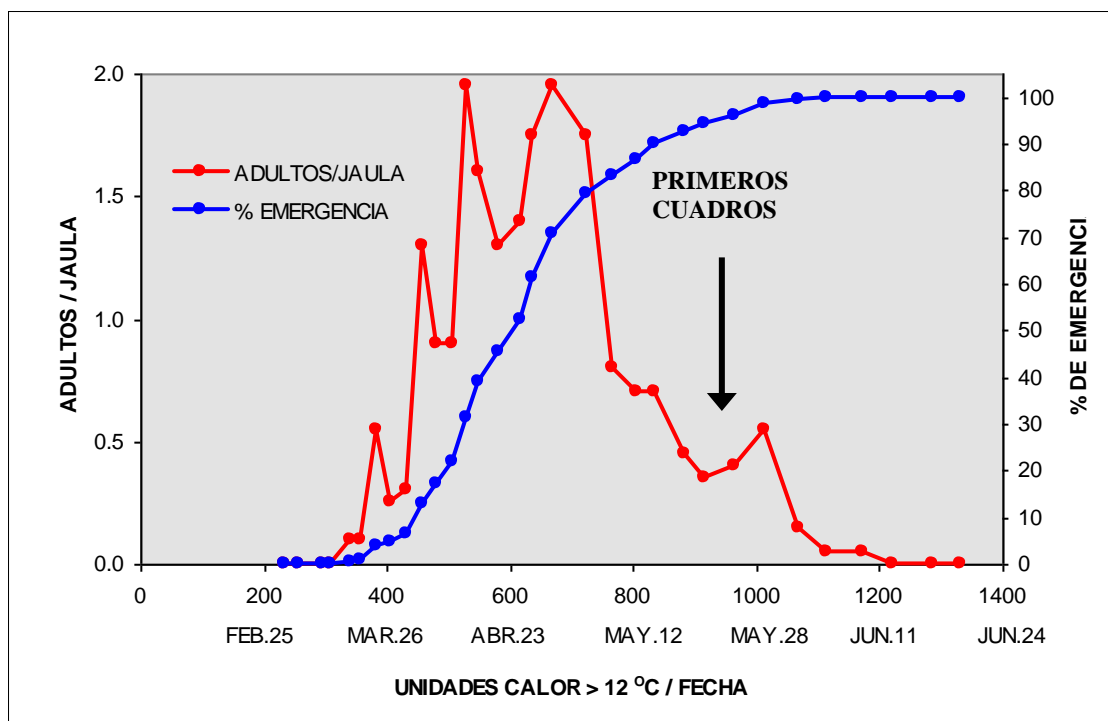


Figura 3. Emergencia de adultos de gusano rosado de origen hibernante en la Comarca Lagunera, durante 1997.

Control Biológico

Para el control biológico del gusano bellotero y tabacalero se efectúan liberaciones de la avispa *Trichogramma exiguum* a la dosis de 30,000 avispas por hectárea y del depredador *Chrysoperla carnea* a razón de 10,000 huevecillos por hectárea. Otras opciones de control biológico que requieren evaluación son el parasitoide *Catolaccus grandis* para el control de picudo, el nemátodo *Steinernema riobris* para el control de gusano rosado y el uso de insecticidas microbiales a base de virus (SPOD-X y GEMSTAR a base de HzNPV y SeNPV) para el control de gusano soldado y gusano bellotero, hongos (NATURALIS-L y BEAU-SIN a base de *B. bassiana*) para el control de mosquita blanca y bacterias (DIPEL y JAVELIN a base de *Bacillus thuringiensis*) para el control de gusanos defoliadores (Nava, 2000). En 1997 se identificaron las especies de parasitoides nativos *Eretmocerus texanus* y *Encarsia pergandiella*, los cuales causaron porcentajes de parasitismo natural de pupas de la mosquita blanca del 1.8 a 14.7 % (Hernández et al. 1997).

Variedades Resistentes

Actualmente, existen en el mercado variedades transgénicas de algodónero (Bollgard) con alta resistencia a gusano rosado, gusano tabacalero y gusano bellotero (en menor grado), las cuales contienen un gen que produce la endotoxina cry1Ac del *B. thuringiensis*. Estas variedades proporcionan un excelente control del gusano rosado y gusano tabacalero y un buen control del gusano bellotero, pero no controlan eficientemente insectos chupadores, defoliadores, ni picudo. Las principales ventajas de estas variedades son la reducción en el uso de insecticidas y su compatibilidad con el control biológico. La principal desventaja de estos materiales a futuro es el desarrollo de resistencia de las plagas a la endotoxina del *B. thuringiensis* (Nava, 2000). Las variedades de algodónero de hoja lisa (ej. Deltapine 50) son menos preferidas por la mosquita blanca de la hoja plateada que las variedades pubescentes (ej. Stoneville 415) (Nava, 1996).

Control con Feromonas

Este método de control del gusano rosado ha sido muy exitoso en Arizona y California, donde se ha implementado como una alternativa dentro de programas de manejo integrado del gusano rosado a nivel regional; sin embargo, no se ha utilizado ni evaluado adecuadamente bajo las condiciones de la Comarca Lagunera. La efectividad del uso de feromonas como

método de control, depende de la densidad de la plaga, temperatura y dosis usada. En general, se obtienen buenos resultados cuando las poblaciones son bajas. Las formulaciones existentes son fibras, espirales, microcápsulas, microesponjas, y líquidos. Los productos comerciales más conocidos son Nomate, Frustrate, Sirene, Lastflight y Checkmate. Dependiendo de la formulación, los productos se pueden aplicar con equipo especial o convencional (aéreo o terrestre) (Nava, 2000).

Control Químico

El período de control químico de las principales plagas del algodónero comprende de la cuarta a la novena semana de floración, el cual corresponde aproximadamente de los 80 a 120 días después de la siembra. Las épocas críticas de control del gusano rosado son la primera y segunda generación de adultos y del gusano bellotero la segunda y tercera generación de larvas, las cuales ocurren de las 1045 a 1060 y de las 1590 a 1599 unidades calor (U. C.) acumuladas desde la siembra con una temperatura umbral de 12 °C, respectivamente. Las época críticas de control del picudo del algodónero son la primera, segunda y tercera generación de adultos, las cuales ocurren a las 864, 1156 y 1148 U. C., respectivamente (Nava, 1990). Los insecticidas con registro de uso por la CICOPAFEST, evaluados por el CELALA y que han resultado efectivos para el control de las plagas del algodónero son: azinfós metílico, carbarilo, metidación, monocrotofós, triazofós, clorpirifós etil, metomilo, profenofós, cipermetrina, deltametrina, fenvalerato, fluvalinato, lambda cyalotrina, permetrina, malatión, acefate, amitraz, bifentrina, buprofezín, endosulfán, fenpropatrin, imidacloprid y paratión metílico (Nava, 2000).

OTROS EJEMPLOS DE PROGRAMAS DE MIP EN MÉXICO

PALOMILLA DE LA MANZANA

Un programa exitoso de manejo integrado de la palomilla de la manzana, *Cidia pomonella*, se desarrolló e implementó en el área manzanera de la Sierra de Chihuahua, el cual se basó fundamentalmente en el monitoreo del desarrollo del fruto, para definir la ventana de susceptibilidad al insecto, el monitoreo de adultos mediante trampas con feromona, para definir el momento preciso de inicio de acumulación de unidades calor, los requerimientos de unidades calor por el insecto, la utilización de un modelo de predicción y toma de decisiones de control y la información sobre efectividad biológica de insecticidas. De vital importancia fue la participación coordinada de las organizaciones de productores y dependencias oficiales para la capacitación de técnicos y productores durante las fases de implementación, seguimiento y evaluación del programa. Dicho ha sido también adoptado e implementado en las regiones manzaneras de Arteaga, Coahuila y Canatlán, Durango (García y Byerly, 1990).

MOSQUITA BLANCA DE LA HOJA PLATEADA

En México la mosquita blanca de la hoja plateada (MBHP), *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring, se encuentra distribuida prácticamente en todo el país, causando el mayor impacto económico en el Noroeste. Los atributos biológicos de la MBHP principalmente polifagia (más de 500 especies) y gran habilidad de dispersión hacen necesario la implementación de una estrategia de manejo integrado del insecto a nivel regional. El hecho de que la MBHP pueda dispersarse sobre grandes distancias y que pueda afectar una gran variedad de cultivos y plantas ornamentales constituye un reto para coordinar esfuerzos y conciliar intereses de los distintos grupos de productores y población en general para la implementación de dicha estrategia de manejo. Los principales componentes de los programas de manejo integrado de la MBHP fueron: las herramientas para la toma de decisiones, las tácticas de control y las acciones de divulgación y capacitación. Para la toma de decisiones se requirió del muestreo y monitoreo, tanto biótico como climático, de modelos de predicción de la fenología y densidad de la plaga, y de umbrales de acción para los distintos cultivos. Las tácticas de control utilizadas para el manejo de la MBHP fueron control cultural, variedades resistentes, control biológico, control químico y control legal (Nava et al, 2001). Pacheco (1998) describe las principales acciones realizadas para organizar la campaña de manejo integrado de la MBHP en el Valle del

Yaqui. Actualmente, la MBHP se encuentra presente en la Comarca Lagunera y Valle del Yaqui en poblaciones bajas sin causar daños significativos a los cultivos.

PLAGAS DEL NOGAL

Las plagas primarias del nogal en la Comarca Lagunera y otras regiones agrícolas del norte-centro de México son el gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis*, el pulgón amarillo de márgenes negros, *Monellia caryella*, y el pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae*. El gusano barrenador del ruezno, *Cydia caryana*, se ha incrementado en las huertas de nogal de la región, convirtiéndose en una plaga de importancia económica. El manejo integrado de plagas del nogal en la Comarca Lagunera se ha fundamentado en las técnicas de monitoreo y muestreo, modelos de predicción mediante acumulación de unidades calor y umbrales de acción como herramientas básicas para tomar decisiones de control; así como en una combinación de métodos de control cultural (coberturas vegetales), biológico (liberación de crisopas) y químico (aplicación de insecticidas) (Nava y Ramírez, 2001).

MOSCAS EN ESTABLOS LECHEROS

La mosca común, *Musca domestica* L., y la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans* L., constituyen un serio problema zoonosanitario en las áreas e instalaciones pecuarias. Los principales efectos de las infestaciones de moscas son: reducción de la producción de leche en establos, menores ganancias de peso del ganado de carne, contaminación de productos pecuarios con excrementos y partes de insectos, transmisión de enfermedades, incrementos en costos de producción derivado de su combate y molestias en general debido a su presencia. Actualmente en varios establos lecheros de la Comarca Lagunera se tiene implementado un programa de manejo integrado de moscas que consiste en el monitoreo de poblaciones de adultos mediante trampas con atrayente e insecticidas, muestreo directo de larvas y pupas en el estiércol de los corrales, utilización de umbrales de acción para adultos; así como la combinación compatible del manejo cultural del estiércol, liberación de parasitoides de pupas de los géneros *Spalangia* y *Muscidifurax*, y aplicaciones de insecticidas selectivos (Avila, 2001; Nava et al., 2002).

RESUMEN

En México los programas de manejo de plagas actualmente implementados en la mayoría de las regiones agropecuarias se fundamentan en el uso inmoderado de insecticidas, por lo que los conceptos y filosofía de MIP deberían ser rápidamente adoptados para evitar las fases de crisis y desastre. El MIP es una filosofía que utiliza los principios ecológicos para manejar económicamente las plagas claves en un agroecosistema determinado. Existen muchas definiciones del concepto de MIP; sin embargo, tres elementos son comunes a todas ellas: 1) integración de tácticas (ej. enemigos naturales, prácticas culturales, variedades resistentes e insecticidas) de manera compatible para el manejo de plagas, 2) mantener las poblaciones de plagas por debajo de niveles que causen daño económico (conceptos de niveles de daño económico y umbral económico) y 3) conservación de la calidad del medio ambiente. Los principales componentes de un programa de MIP lo constituyen las herramientas para la toma de decisiones de control: muestreo y monitoreo (biológico y climático), predicción mediante modelos fenológicos y umbrales económicos o de acción; las tácticas o métodos de control: control cultural, control biológico, resistencia vegetal y control químico; así como los sistemas de información. Algunos ejemplos de generación de tecnología para el desarrollo e implementación de programas de MIP corresponden a la problemática fitosanitaria de los cultivos del algodón y nogal, y a los casos específicos de plagas clave como la palomilla de la manzana, mosquita blanca de la hoja plateada en varios cultivos y moscas en establos lecheros.

BIBLIOGRAFÍA

- Avila R., V. 2001. Determinación de parasitoides y parasitismo sobre pupas de moscas de establo, en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. Escuela Superior de Biología, UJED. Gómez Palacio, Dgo. 72 p.
- Andrewartha, H. G. and L. C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago. 782 p.
- Badii, M. H., A. E. Flores, H. Quiroz, R. Foroughbakhch y R. Torres. Manejo integral de plagas (MIP), pp. 417-432. *In*: Badii, M. H., A. E. Flores, L. J. Galán W. (eds.), Fundamentos y perspectivas de control biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- Berryman, A. A. and L. V. Peinar. 1974. Simulation, a powerful method for investigating the dynamics and management of insect populations. *Environ. Entomol.* 3: 199-207.
- Byerly M., K. F., J. L. Martínez C. y U. Nava C. 1998. Manejo integrado de plagas, pp. 3-25. *In*: J. J. Pacheco C. y F. Pacheco M. (Comps.). Temas Selectos para el Manejo Integrado de la Mosquita Blanca. Memoria Científica Núm 6. CIRNO-INIFAP-SAGAR.
- Croft, B. A., J. L. House, and S. M. Welch. 1976. A computer based extension pest management delivery system. *Environ. Entomol.* 5: 20-34.
- De Back, P. and D. Rosen. 1991. Biological control by natural enemies. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ellsworth, P. C., J. W. Diehl, T. J. Denehy y S. E. Naranjo. 1996. Sampling sweetpotato whiteflies in cotton. The University of Arizona, IPM Series No. 2.
- Frisbie, R. E. and P. L. Adkisson. 1985. IPM: definitions and current status in U. S. agriculture, pp. 41-51. *In*: M. A. Hoy and D. C. Hersog (eds.). Biological control in agricultural IPM systems. Academic Press, New York.
- García S., C. y K. F. Byerly M. 1990. Enfoque de investigación sobre manejo integrado de problemas fitosanitarios. CELALA, INIFAP. Publicación especial No. 32. pp. 1-54.
- Getz, W. M. and A. P. Gutierrez. 1982. A perspective on system analysis in crop production and insect pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 447-466.

- Flint, M. L. and R. van den Bosch. 1981. Introduction to integrated pest management. Plenum, New York. 240 p.
- Hernández L., R., U. Nava C. y M. Ramírez D. 1997. Identificación de parasitoides y niveles de parasitismo sobre la mosquita blanca de la hoja plateada, *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, en melón en la Comarca Lagunera, pp. 94-96. *In: Memoria del XX Congreso de Control Biológico*. Guadalajara, Jalisco, Méx.
- Horn, D. J. 1988. Ecological approach to pest management. The Guilford Press, New York. 285 p.
- Huffaker, C. B. and P. S. Messenger. 1976. Theory and practice of biological control. Academic Press, New York. 788 p.
- Kogan, M. 1994. Plant resistance in pest management, pp. 73-128. *In: R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (eds.)*, Introduction to insect pest management. Third edition. John Wiley & Sons, New York.
- Leyva V., J. L. 1998. Aspectos básicos del control biológico, pp. 6-8. *In: Vázquez N., J. M. (ed.)*, Memoria del curso métodos alternativos para el control de plagas insectiles. FAZ-UJED, ITESMCL, Comarca Lagunera, México.
- Luckmann, W. H. and R. L. Metcalf. 1994. The pest management concept, pp. 1-34. *In: R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (eds.)*, Introduction to insect pest management. Third edition. John Wiley & Sons, New York.
- Luna, J. M. and G. J. House. 1990. Pest management in sustainable agricultural systems, pp. 157-173. *In: C. A. Edwards et al. (eds.)*, Sustainable agricultural systems. Soil & Water Conservation Society, Ankeny, Iowa.
- Metcalf, R. L. 1994. Insecticides in pest management, pp. 245-314. *In: R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (eds.)*, Introduction to insect pest management. Third edition. John Wiley & Sons, New York.
- Naranjo, S. E. 1995. Sampling *Bemisia* for Research and Pest Management Applications. *En: Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, Andover, UK. p. 209-224.
- Naranjo, S. E. & H. M. Flint. 1994. Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision, sequential sampling plans. *Environ. Entomol.* 23: 254-266.

- Naranjo, S. E. & H. M. Flint. 1995. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Environ. Entomol.* 24: 261-270.
- Nava C., U. 1987. Efecto de la época de desvare y barbecho del algodón en la emergencia invernante del gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders). CAELALA, Informe de Investigación en Algodonero, 1987. p. 65-76.
- Nava C., U. 1996. Bionomics of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring on cotton, cataloupe, and pepper. Tesis Doctoral. Texas A&M University. 212 p.
- Nava C., U. 2000. Manejo integrado de plagas del algodón. Memorias del III Curso Regional de Aprobación y Actualización en Control de Plagas del Algodonero. UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. p. 172-188.
- Nava C., U. y K. F. Byerly M. 1990. Predicción de la fenología de las principales plagas del algodón, mediante acumulación de unidades calor. CELALA, INIFAP. Publicación especial No. 32. p. 55-69.
- Nava C., U. y M. Ramírez D. 2001. Manejo integrado de plagas del nogal, pp. 77-90. *In*: Memorias de la XIII Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED, Gómez Palacio, Dgo.
- Nava C., U. P. Cano R. y J. L. Martínez C. 2001. Manejo Integrado de la mosquita blanca de la hoja platedada, *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. *In*: Estrategias para el Control de Plagas de Hortalizas. García G., C. y H. Medrano R. (eds.). CIIDIR, Dgo.-IPN, SEP-CONACYT-COCyTED. Durango, Dgo. pp: 19-75.
- Nava C., U., M. Ramírez D. y J. L. Martínez C. 2001. Manejo Integrado de Plagas en Algodonero Convencional y Transgénico. *In*: El Manejo Integrado de Plagas, Simposio. Téliz O., D. (ed.). Disco Compacto. Congreso anual conjunto de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y Sociedad Mexicana de Entomología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Nava C., U., V. Avila R. y A. González H. 2002. Fluctuación poblacional de mosca doméstica, especies de parasitoides y sus niveles de parasitismo en establos lecheros de la Comarca Lagunera, México. *Entomología Mexicana* 1: 492-496.
- Norton G. A. & J.D. Mumford. 1993. Decision analysis techniques, pp.43-68. *In* G. A. Norton and J. D. Mumford [eds.], *Decision Tools for Pest Management*. CBA International, UK.

- Obando R., A. J. 1997. El manejo integrado de plagas, pp. 35-50. *In:* Rodríguez del B., L. A. y S. H. Tarango R. (eds.), Manejo integrado de plagas del nogal. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih.
- Pacheco C., J. J. 1998a. Estrategia de manejo regional de insecticidas para la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), pp. 127-147. *In:* J. J. Pacheco C. y F. Pacheco M. (Comps.). Temas Selectos para el Manejo Integrado de la Mosquita Blanca. Memoria Científica Núm 6. CIRNO-INIFAP-SAGAR.
- Pacheco C., J. J. 1998b. Conceptualización y organigrama de la campaña contra la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), pp. 149-154. *In:* J. J. Pacheco C. y F. Pacheco M. (Comps.). Temas Selectos para el Manejo Integrado de la Mosquita Blanca. Memoria Científica Núm 6. CIRNO-INIFAP-SAGAR.
- Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. University of Kansas Press, Lawrence, KS. 521 p.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, and L. G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- Ramírez D., M. y U. Nava C. 2000. Plagas insectiles asociadas al cultivo del algodono. Memorias del III Curso Regional de Aprobación y Actualización en Control de Plagas del Algodono. UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. p. 154-167.
- Ruesink, W. G. 1976. Status of the system approach to pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 21: 27-44.
- Sánchez A., J. 2000. Situación actual de la campaña contra las plagas del algodono en la Región Lagunera. Memorias de la 7a Reunión Anual del CONACOFI. Puebla, Pue. p: 146-147.
- Smith, R. F. 1978. Development of integrated pest management in California. Special issue: Integrated pest management. *California Agriculture:* 32: 1-5.
- Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects, a fundamental approach. John Wiley & Sons, New York. 286 p.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. Van Den Bosch & K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-1

CAPITULO IX

USO DE BIOFERTILIZANTES EN AVENA DE TEMPORAL EN LA SIERRA DE CHIHUAHUA.

M.C. Pedro Ortíz Franco¹ y M.C. Jesús P. Amado Álvarez¹

INVESTIGADOR TITULAR Enc. del Prog. de conservación de suelos y agua del CESICH . Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua. E-mail: ortizfp@infosel.net.mx

INTRODUCCION.

En la actualidad los sistemas de producción agrícola enfrentan el problema de lograr una producción sostenida sin degradar los recursos naturales. Campos (1993), indica que el suelo ideal (45 % de material mineral, 5 % de materia orgánica, 25 % de aire y 25 % de agua), no es común en México y solo existe en el 5 % del total de las áreas cultivadas; normalmente el agricultor tiene suelos con menos del 1 % de materia orgánica y se salinizan cada vez más debido al uso excesivo de fertilizantes inorgánicos.

En tierras agrícolas de la región Norte – Centro de México, trabajadas por más de 50 años, se suspendió la aplicación de abonos orgánicos, provocado por el inicio de una agricultura intensiva, basada en el uso de fertilizantes químicos, actitud que ha provocado una disminución considerable en el contenido de materia orgánica (0.86 % , según Mariscal *et al* 2000), lo cual indica que son muy pobres, afectando de manera directa o indirecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, situación que afecta principalmente la estructura, plasticidad, la capacidad de retención de humedad, movimiento del agua, aireación, flujo de calor, la Capacidad de Intercambio Catiónico y Aniónico, disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, pH, control de la flora microbiana, génesis del suelo, susceptibilidad a la erosión entre otros, los cuales afectan negativamente el proceso de producción .

El uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura actual resulta imprescindible para producir en cantidades suficientes los alimentos requeridos por la población; el abuso en la utilización de estos insumos especialmente los nitrogenados, afecta la calidad ambiental y la economía del productor. En este contexto es que la sociedad esta demandando que en la agricultura se asuma un papel más responsable en lo que a ella le corresponde, esto significa que en lo sucesivo no bastará que en el desarrollo de esta actividad sólo se generen los alimentos y materias primas necesarias para una población en constante crecimiento, sino que deberá hacerse sin deteriorar y mucho menos agotar los recursos base de la misma: el suelo y el agua.

De acuerdo con Okon y Labandera (1994) el estudio de las bacterias asociadas a las plantas es una línea de investigación que avanza rápidamente en países Europeos y Asiáticos; en menor grado en México y otros países Latinoamericanos, donde se han obtenido resultados satisfactorios al inocular diversas especies con, pseudomonas, azospirillum y otros microorganismos.

Por su parte Safir *et al.* (1972), indicó que las bacterias y los hongos convierten en asimilables para las plantas diferentes nutrientes. Esto puede ocurrir mediante procesos de fijación, mineralización, oxidación, reducción y solubilización, citando el caso de las micorrizas que al inocular las plantas incrementan la toma de agua.

Esta trabajo representa la continuación de una línea de investigación que pretende establecer las bases para iniciar el proceso de reconversión productiva utilizando fertilizantes biológicos que minimicen la contaminación ambiental y promuevan la productividad sostenida de los principales cultivos agrícolas de temporal en la Región Norte Centro del país.

REVISION DE LITERATURA.

Los microorganismos de la rizosfera han mantenido una relación estrecha con las plantas, desde que estas últimas iniciaron la colonización de la Tierra, Selosse y Le Tacon (1998), y han mantenido el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas a través de la influencia en la composición de las especies en las comunidades vegetales (Read, 1998).

Los microorganismos pueden alterar la velocidad de toma de nutrientes de las plantas por un efecto directo de las raíces, Aguirre y Velázco (1994), e inducen modificaciones en el

desarrollo del sistema radical. Las rizobacterias también pueden provocar alteración en la permeabilidad celular de las raíces al inducir un incremento en la toma de iones por la planta fundamentalmente nitratos, fósforo y potasio e incrementar la formación de los pelos radicales.

Leal (1992), hizo algunos estudios con el propósito de generar tecnologías para el uso integral de los biofertilizantes, incluyendo combinaciones con fertilizantes minerales y abonos orgánicos, entre ellos los residuales de la industria azucarera y otras fuentes regionales, prestándose especial atención a los sistemas de fertilización en cultivos secuenciales e intercalados los cuales se nombran:

Azotobacter, con aplicaciones en invierno y en primavera con el objeto de sustituir entre el 40 y 50 % de los fertilizantes nitrogenados en un área de 108 ha, cuyos resultados finales implicaron un ahorro entre 240 a 300 ton de fertilizante nitrogenado.

Rhizobium, en 1991 se aplicó a todas las leguminosas en la provincia Ciego de Ávila, Cuba, beneficiando 2,013 ha con la aplicación de 1,400 kg de Rhizobium con una dosis de 0.70 kg/ha en los cultivos de frijol, cacahuate y ejote.

C) Lombricultura. El humus de lombriz es un abono orgánico de extraordinaria calidad, que ha demostrado tener un efecto positivo sobre el rendimiento y el mejoramiento de los suelos ferríticos de la provincia de Camagüey, en Ciego de Avila, produciendo 987 toneladas de humus de lombriz.

D) Composta. Se aplicaron diferentes tecnologías en la elaboración de la composta, entre ellas la utilización de inóculos que permiten la descomposición de los residuos de forma acelerada con la aplicación de un inóculo sencillo formado por microorganismos como el Asperjillo orizae, el Bacilo nato y la Levadura sacharonices en una fermentación semisólida, donde se utilizan derivados de la industria azucarera como la miel, aguardiente, cereales, urea, vinagre y que según los reportes en Brasil llegan a obtenerse incrementos de rendimiento en valores que oscilan entre 130 y 150 ton/ha.

Lindeman (1992), indicó que la agricultura sostenible llama a la reducción de las dosis de aplicación de fertilizantes para mayor realce a la fijación biológica del nitrógeno; aunque esto no es muy apreciado en el papel jugado por la Mycorrhizae Vesicular Arbuscular (VAM), en un proceso similar. La VAM fungi no es viable para la fijación atmosférica del N, pero ello

definitivamente enlaza la fijación de N por la producción de nódulos de la bacteria y la interacción positiva con libre vida o asociativa del N fijado por la bacteria.

Ortíz y Amado (1999) y Ortíz *et al.* (1999), registraron resultados que apoyan el uso de Biofertilizantes (Azospirillum), en el cultivo de avena como base fundamental de la agricultura sostenible. Desde el punto de vista económico el uso de Azospirillum, resultó la opción más viable, presentándose un Índice de Redituabilidad de 3.72, 2.13 y 1.49, para las localidades de Santo Tomás, Campo 38 y Campo 22, Chihuahua respectivamente (superando al testigo en 27, 17 y 17 %). En este mismo sentido, Amado y Ortíz (2001), reportaron que el mejor biofertilizante en el cultivo de avena fue el Azospirillum, el cual influyó para obtener una producción promedio de 6,675 y 4,938 kg ha⁻¹ de materia seca total con Índice de Redituabilidad promedio de 3.77 y 2.83 para Santo Tomás y Campo 26, respectivamente; además, la avena tratada con azospirillum produjo grano con mayor peso específico (290.4 y 445.8 gr l⁻¹) en las localidades citadas, lo que permitió obtener la mayor cantidad promedio de grano 930.5 y 1,040.9 kg ha⁻¹, respectivamente.

MATERIALES Y METODOS.

La validación se estableció durante el verano 2001, bajo condiciones de temporal en el Campo 26, municipio de Cuauhtémoc, Chih., en el lote del productor cooperante Francisco Reimer, donde la clasificación climática según Köppen, modificada por García (1973), es Semiseco Templado (Bs1 kw) y el tipo de suelo de acuerdo con la SPP (1982) es Luvisol ortico y de textura media (Lo/2).

Las labores de presiembra fueron hechas por el dueño del terreno en cuestión. El procedimiento de siembra, consistió primeramente, en la preparación del Biofertilizante (cuatro bolsas de Azospirillum, mezclándolas con agua y adherente); posteriormente se impregnaron 11 kg de grano de las variedades: Karma, Cevamex, Chihuahua, Babícora, Bachiniva, Menonita y Teporaca con la mezcla preparada para cubrir las semillas. La siembra se realizó al voleo, tapando la semilla con un paso de rastra.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y TAMAÑO DE PARCELA.

El estudio se estableció en el campo usando un diseño de Bloques Completos al Azar, con arreglo de los tratamientos en Parcelas Divididas, la parcela mayor fueron , las variedades de avena (Factor "A"), y los tratamientos de fertilización inorgánica 30-40-00 y 60-40-00 (N–P₂O₅–K₂O) y orgánica (Azospirillum), constituyeron la parcela menor o subparcela (Factor "B").

La siembra se realizó en franjas, delimitándose siete rectángulos iguales (Parcela Principal) de 18.0 m de ancho por 58 m de largo(1,044 m²), sumando una superficie total 7308 m²; cada Parcela Principal, se dividió en tres partes iguales de 6 m de ancho por 58 m de largo (348 m²), las cuales constituyen las Subparcela o Parcela Menor.

FENOLOGIA Y PRACTICAS DE CULTIVO.

De manera oportuna se registró el momento de: Emergencia, Amacollo, Floración, Fecundación, Grano Lechoso, Grano Lechoso Masoso, Grano Masoso y Madurez Fisiológica., según la metodología utilizada por (Salmerón *et al.* 2000).

Posterior a la emergencia, se delimitaron las calles en las orillas del estudio, limpiando con azadón, las malezas existentes, mientras que dentro del cultivo, para el control de las mismas, el 26 de agosto, se hizo una aplicación de herbicida 2 4 D Amina, con aspersora manual del en dosis de 1 L/200 L de agua. La Cosecha se realizó del 24 al 31 de octubre del 2001.

VARIABLES EVALUADAS.

Dentro de cada tratamiento se tomaron cinco repeticiones completamente al azar de 1.0 m², para hacer las evaluaciones correspondientes, donde se tomaron datos de rendimiento de grano (kg ha⁻¹), materia seca total (kg ha⁻¹), altura de planta (cm) y peso específico (g l⁻¹).

OTROS ESTUDIOS

Del clima se tomaron datos de temperatura ambiental y precipitación pluvial, así también se estimó el dato de evaporación y se calculó el índice de Precipitación/Evaporación. Cada 10 días se midió el contenido de humedad en el suelo usando el método gravimétrico, de acuerdo con Torres (1984).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

A las variables de planta señaladas anteriormente, se les practicó análisis de varianza, bajo el diseño Bloques Completos al Azar con arreglo de los tratamientos en Parcelas Divididas y cinco repeticiones; la separación de medias se realizó mediante Tukey_(0.05; 0.01). (Olivares, 1994).

ANÁLISIS ECONÓMICO.

A los resultados de rendimiento de grano más la paja (MST) se les analizó económicamente de acuerdo con la metodología citada por Avila (1997), consignando información del valor de la producción y los costos de la misma (Paquete Tecnológico de Avena de Temporal, en la Baja Babícora), para obtener el Índice de Redituabilidad (I.R.= Valor de la Producción/Costos de Producción de cada Tratamiento).

RESULTADOS Y DISCUSION.

Rendimiento de Grano.

Los resultados obtenidos en el año 2001 (Cuadro 1), indicaron que hubo diferencia estadística significativa entre los materiales genéticos utilizados, reportándose que las mejores producciones fueron para Cevamex (840.3 kg ha⁻¹), Menonita (790.5 kg ha⁻¹) y Bachiniva (760.3 kg ha⁻¹), las cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de las variedades. Con respecto a los niveles de fertilización, no se detectó diferencia estadística, sin embargo, sobresalieron numericamente las plantas tratadas con Azospirillum (685.3 kg ha⁻¹), seguida por las producciones de 691.7 kg ha⁻¹ (30-40-00) y 652.6 kg ha⁻¹ (60-40-00). La respuesta interactiva variedades-fertilización tuvo un efecto altamente significativo, destacándose esta respuesta en la variedad Bachiniva, donde los mejores rendimientos se obtuvieron con Azospirillum (797.6 kg ha⁻¹) con igual efecto estadístico al tratamiento 30-40-00 y superior al tratamiento 60-40-00, donde se produjo sólo 637.6 kg ha⁻¹; en general, existió una respuesta más favorable de las variedades con la aplicación de Azospirillum y al nivel bajo de fertilización inorgánica (30-40-00; 845.8 kg ha⁻¹), debido principalmente a la baja cantidad de lluvia (127 mm) captada durante este ciclo agrícola. Estos resultados coinciden con los reportados anteriormente, donde a mayor precipitación pluvial mayor eficiencia del trabajo del azospirillum, ya que comparando los resultados reportados por Amado *et al* (2001), donde señalan que los requerimientos óptimos del cultivo se ubican en los 300 mm, durante el 2001,

éstos sólo se cubrieron en 42%, es decir, el cultivo dispuso de menos del 50% de sus requerimientos hídricos.

Materia Seca Total (MST).

De acuerdo con González y Ávila, (1996), en la Sierra de Chihuahua se siembran anualmente entre 140 y 200 mil ha de avena, de las cuales el 70 % se destina a forraje y con esto se cubre parcialmente la demanda del ganado bovino de esta región que representa una población de 450,000 cabezas; de ahí se deriva la importancia de obtener información para proporcionar al productor alternativas con menores costos de producción, como lo representa el uso alternativo de biofertilizantes. Toda la información referente a esta variable, se reporta en el Cuadro 2. Para este ciclo, se reportaron diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor "A", siendo las mejores variedades Cevamex ($2,101.3 \text{ kg ha}^{-1}$), Menonita ($2,013.7 \text{ kg ha}^{-1}$) y Karma ($1,966.1 \text{ kg ha}^{-1}$), las cuales son estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de las variedades donde la menor producción ($1,263.8 \text{ kg ha}^{-1}$) se consignó con el cultivar Teporaca. No se detectaron diferencias estadísticas para el Factor "B", sólo diferencias numéricas, así el tratamiento 30-40-00 produjo $1,817.7 \text{ kg ha}^{-1}$, Azospirillum y 60-40-00 con $1,750 \text{ kg ha}^{-1}$.

Para la interacción se detectó diferencia altamente significativa, resultando las mejores Cevamex con 60-40-00 ($2,287.6 \text{ kg ha}^{-1}$) y Cevamex con 30-40-00 ($2,215.2 \text{ kg ha}^{-1}$). En estudios similares, Ortiz y Amado (2000), reportaron que los tratamientos estudiados donde se evaluó el uso de los biofertilizantes; por ejemplo, en Santo Tomás Mpio. de Guerrero Chih., se produjeron $6,675 \text{ kg ha}^{-1}$ de MST con la aplicación de Azospirillum, cantidad que superó la producción de MST de avena producida ($6,100 \text{ kg ha}$) con el tratamiento 60-40-00 de N-P₂O₅-K₂O; en el Campo 26, también se consignaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados, sobresaliendo por su producción la fórmula 60-40-00, con $5,000 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido de la avena producida con la aplicación de Azospirillum con una media de $4,937.5 \text{ kg ha}^{-1}$. Cabe señalar que en el ciclo 2000, estos datos se obtuvieron con lluvias de 200 mm en el Campo 26 y 257 mm en Santo Tomás, mientras que en el año 2001, en el Campo 26, sólo se registraron en total 127 mm de lluvia y una Evaporación de tanque de 351.8 mm; con cociente de P/E de 0.36.

Peso específico del grano.

En el Cuadro 3, se reportan los datos para esta variable donde se puede observar que sólo se detectó diferencia estadística altamente significativa para el Factor "A" (variedades), destacando el cultivar Bachiniva con promedio de 488.9 g L^{-1} , que fue superior al resto de las variedades y, confirmó lo reportado por Amado y Ortíz (2000), quienes consignaron 477.8 g L^{-1} para esta variedad, siendo mejor que la Cuauhtémoc, Teporaca y Babícora. Cabe señalar que la variedad Menonita presentó un valor aceptable (437.9 g L^{-1}); los valores para el resto de los materiales oscilaron de 364.8 g L^{-1} para Chihuahua, hasta 395.2 g L^{-1} para Babícora. Con relación a los tratamientos de fertilización, prácticamente los valores fueron muy similares, 400.86 g L^{-1} con Azospirillum, 407.0 g L^{-1} para 30-40-00 y 399.8 g L^{-1} con 60-40-00, lo cual difiere a lo reportado por Amado y Ortíz (2001), quienes señalaron que en el Campo 26, municipio de Cuauhtémoc Chih., se detectó efecto altamente significativo a favor de la avena tratada con Azospirillum con un promedio de 445.8 g L^{-1} , en comparación con 423.8 g L^{-1} para el tratamiento químico 60-40-00, sólo que en este estudio se utilizó la variedad Babícora.

Es importante señalar que en general, los valores reportados en este ciclo se consideran altos para la condición de lluvia prevaleciente (127 mm; Cuadro 5), y destaca la excelente habilidad del cultivo de avena para aprovechar al máximo la condición hídrica, porque como se puede observar en la Fig. 1, en muy poca parte del ciclo existió disponibilidad adecuada de humedad en el suelo, siendo particularmente crítica desde floración a madurez fisiológica, donde los valores de humedad del suelo se mantuvieron cerca o por debajo del punto de marchitamiento permanente. De cualquier forma, una vez más se demuestra que el uso de los biofertilizantes significa una clara ventaja con respecto a los fertilizante inorgánicos, debido a su alto costo y su carácter potencial de contaminación y, confirma lo expresado por Linderman, (1992).

Altura de planta.

El análisis estadístico señaló que hubo diferencias altamente significativas para el Factor "A" (variedades) y para la interacción variedades-fertilización. Las plantas con mejor porte fueron las de las variedades Cevamex y Chihuahua con 66.3 y 66.2 cm, las cuales fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al resto de los materiales, las plantas con menor altura fueron las de la variedad Karma (59.3 cm). Como se señaló, para el efecto tratamientos de fertilización no hubo diferencia estadística, destacando solamente que las alturas de planta fueron muy similares entre ellos, siendo 64.09 cm para el tratamiento 30-40-

00, 62.54 cm con Azospirillum y 63.94 para 60-40-00. (Cuadro 4). Las mejores interacciones se reportaron para Bachiniva con 30-40-00 y Cevamex con 60-40-00, donde las plantas alcanzaron 69.0 y 70.8 cm respectivamente, cabe señalar que nuevamente se destaca la excelente capacidad de la avena para adaptarse a las condiciones impuestas, en este caso de clima, ya que como se ha mencionado con sólo 127 mm de lluvia durante el ciclo, fue capaz de alcanzar este porte en las plantas, lo que le permitió producir materia seca total al nivel de hasta 2 ton ha⁻¹ y grano de 840 kg ha⁻¹, lo que confirma lo expresado por Orozco *et al.* (1994), en el sentido de que se el noroeste de Chihuahua se considera como el hábitat natural de la avena con el mayor potencial de producción.

Análisis económico.

Como se puede observar en el Cuadro 6, los Beneficios Netos (BN) fueron marcadamente distintos en función de la variedad y del tratamiento de fertilización, debido por un lado a la habilidad intrínseca del material genético para aprovechar la máximo los escasos 127 mm de lluvia (Fig. 1) que ocurrieron durante el ciclo y, por el otro al costo tan diferente de la fuente de fertilización inorgánica u orgánica; así, quedó demostrado que la variedad testigo regional Babícora y la nueva variedad Teporaca fueron los materiales que bajo las condiciones descritas, mostraron los valores más bajos de BN, en promedio -\$130 y -\$457, respectivamente, lo que se reflejó en que el Índice de Redituabilidad (IR), fuera de 0.94 y 0.79, que representa que en ambos casos, no se recuperó ni la inversión.

Se destaca también que en promedio los valores más altos de BN en cuanto a la fuente de fertilización, se asoció con el uso de Azospirillum, con el que se obtuvo \$405.7 de BN, seguido por el tratamiento 30-40-00 con \$222.6 y al final el 60-40-00 donde sólo se obtuvieron \$9.0 de BN; esta situación se debió principalmente al reducido costo del tratamiento con Azospirillum (\$88.0 ha), comparado con el costo de los tratamientos en base a fertilizantes químicos (30-40-00 = \$412.0 ha y \$596.0 ha para el tratamiento 60-40-00). Dadas las condiciones de precipitación pluvial (127 mm) durante el ciclo, y que representan siempre el mayor riesgo bajo condiciones de temporal, es fundamental promover el uso de fertilizantes orgánicos, dado que en el cultivo de avena están representando un excelente alternativa para la nutrición del cultivo, como ya ha sido señalado por Ortíz *et al.* (2000), Amado *et al.* (2001) y Ortíz *et al.* (2001). De aquí que sea evidente que los mayores IR, correspondan dentro de cualquiera de las variedades utilizadas al tratamiento con Azospirillum, lo que lo confirma como

la mejor dosis de fertilización para el cultivo de avena de temporal, para el Noroeste de Chihuahua. (Cuadro 6).

CONCLUSIONES.

En rendimiento de grano la mejor producción fue para Cevamex (840.3 kg ha⁻¹), Menonita (790.5 kg ha⁻¹) y Bachiniva (760.3 kg ha⁻¹), las cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de las variedades. Con respecto a los niveles de fertilización, no se detectó diferencia estadística, siendo las producciones de 691.7 kg ha⁻¹ (30-40-00), 685.3 kg ha⁻¹ (Azospirillum) y 652.6 kg ha⁻¹ (60-40-00). La mejor respuesta interactiva se detectó en la variedad Bachiniva, donde los mejores rendimientos se obtuvieron con 30-40-00 (845.8 kg ha⁻¹) y Azospirillum (797.6 kg ha⁻¹) con igual efecto estadístico y superior al tratamiento 60-40-00, donde se produjo sólo 637.6 kg ha⁻¹.

En Materia Seca Total las mejores variedades fueron Cevamex (2,101.3 kg ha⁻¹), Menonita (2,013.7 kg ha⁻¹) y Karma (1,966.1 kg ha⁻¹), las cuales son estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de las variedades. Las mejores interacciones Cevamex con 60-40-00 (2,287.6 kg ha⁻¹) y Cevamex con 30-40-00 (2,215.2 kg ha⁻¹).

Para Peso Específico se detectó diferencia estadística altamente significativa para el Factor "A" (variedades), destacando el cultivar Bachiniva con promedio de 488.9 g l⁻¹, que fue superior al resto de las variedades.

Desde el punto de vista económico, en promedio el mayor de IR (1.22), correspondió al uso de biofertilizante Azospirillum dentro de cualquiera de las variedades utilizadas, lo que lo confirma como el mejor tratamiento de fertilización para el cultivo de avena de temporal, en el Noroeste de Chihuahua.

CUADRO 1. rendimiento en grano de avena (kg ha^{-1}) bajo condiciones de temporal, por variedades, fertilización química y orgánica. C-26, Cd Cuauhtémoc, Chih., CESICH. PV-2001.

| TRATAMIENTOS | | R E P E T I C I O N E S | | | | | MEDIA | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|-------------|------------|---------|---------|-----------|
| FACTOR "A" (Variedades) | FACTOR "B" (Fertilización) | I | II | III | IV | V | | |
| (1) Karma | Azospirillum | 540 | 762 | 539 | 595 | 553 | 597.8 | |
| | 30-40-00 | 499 | 553 | 567 | 736 | 732 | 617.4 | |
| | 60-40-00 | 554 | 459 | 749 | 553 | 529 | 568.8 | |
| (2) Cevamex | Azospirillum | 718 | 566 | 745 | 810 | 827 | 733.2 | |
| | 30-40-00 | 738 | 1039 | 788 | 983 | 954 | 900.4 | |
| | 60-40-00 | 842 | 995 | 769 | 921 | 910 | 887.4 | |
| (3) Chihuahua | Azospirillum | 454 | 455 | 549 | 553 | 739 | 550.0 | |
| | 30-40-00 | 672 | 575 | 659 | 578 | 610 | 618.8 | |
| | 60-40-00 | 583 | 564 | 570 | 581 | 540 | 567.6 | |
| (4) Bachiniva | Azospirillum | 704 | 737 | 659 | 1057 | 831 | 797.6 | |
| | 30-40-00 | 944 | 950 | 718 | 805 | 812 | 845.8 | |
| | 60-40-00 | 575 | 634 | 700 | 656 | 623 | 637.6 | |
| (5) Babicora | Azospirillum | 600 | 595 | 595 | 623 | 615 | 605.6 | |
| | 30-40-00 | 478 | 469 | 509 | 563 | 636 | 531.0 | |
| | 60-40-00 | 724 | 540 | 735 | 604 | 533 | 627.2 | |
| (6) Menonita | Azospirillum | 806 | 726 | 1000 | 914 | 1039 | 897.0 | |
| | 30-40-00 | 597 | 774 | 835 | 767 | 814 | 757.4 | |
| | 60-40-00 | 746 | 717 | 837 | 683 | 602 | 717.0 | |
| (7) Teporaca | Azospirillum | 546 | 748 | 587 | 605 | 595 | 616.2 | |
| | 30-40-00 | 485 | 672 | 642 | 530 | 527 | 571.2 | |
| | 60-40-00 | 392 | 560 | 647 | 622 | 592 | 562.6 | |
| NIVELES DEL FACTOR "A" | | | | | | | | |
| FACTOR "B" | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | MEDIA |
| Azospirillum | 597.8 a | 733.2 a | 550.0 a | 797.6 ab | 605.6 a | 897.0 a | 616.2 a | 685.34 ns |
| 30-40-00 | 617.4 a | 900.4 a | 618.8 a | 845.8 a | 531.0 a | 757.4 a | 571.2 a | 691.71 ns |
| 60-40-00 | 568.8 a | 887.4 a | 567.6 a | 637.6 b | 627.2 a | 717.0 a | 562.6 a | 652.60 ns |
| MEDIA | 594.7 b | 840.3 a | 578.8 b | 760.3 a | 587.9 b | 790.5 a | 583.3 b | 676.55 |

F(Factor "A") = 26.70**; Tukey_(0.01) Factor "A" = 123.51; F (Factor "B") = 1.6843 ns; F (INTERACCIÓN) = 2.8786, Tukey_(0.01) interacción = 183.89; C.V. = 14.14%.

* Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales entre sí.

CUADRO 2. producción de materia seca total de avena (kg ha^{-1}) bajo condiciones de temporal, por variedades, fertilización química y orgánica. C-26, CD. CUAUHTÉMOC, CHIH., CESICH. PV-2001.

| TRATAMIENTOS | | R E P E T I C I O N E S | | | | | MEDIA | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| FACTOR "A" (Variedades) | FACTOR "B" (Fertilización) | I | II | III | IV | V | | |
| (1) Karma | Azospirillum | 1870 | 2321 | 1700 | 2238 | 2278 | 2081.4 | |
| | 30-40-00 | 1955 | 2015 | 1828 | 2159 | 2074 | 2006.2 | |
| | 60-40-00 | 1845 | 1785 | 2049 | 1802 | 1573 | 1810.8 | |
| (2) Cevamex | Azospirillum | 1700 | 1530 | 2023 | 2023 | 1730 | 1801.2 | |
| | 30-40-00 | 2040 | 2346 | 2040 | 2346 | 2304 | 2215.2 | |
| | 60-40-00 | 2129 | 2423 | 2032 | 2431 | 2423 | 2287.6 | |
| (3) Chihuahua | Azospirillum | 1666 | 1658 | 1547 | 1802 | 1870 | 1708.6 | |
| | 30-40-00 | 1870 | 1700 | 2049 | 1802 | 1896 | 1863.4 | |
| | 60-40-00 | 1675 | 1828 | 1649 | 1846 | 2074 | 1814.4 | |
| (4) Bachiniva | Azospirillum | 1755 | 1683 | 1475 | 1904 | 1930 | 1749.4 | |
| | 30-40-00 | 1955 | 2032 | 1755 | 1811 | 1955 | 1901.6 | |
| | 60-40-00 | 1496 | 1530 | 1747 | 1505 | 1772 | 1610.0 | |
| (5) Babicora | Azospirillum | 1572 | 1505 | 1403 | 1471 | 1488 | 1487.8 | |
| | 30-40-00 | 1454 | 1530 | 1445 | 1360 | 1343 | 1426.4 | |
| | 60-40-00 | 1658 | 1721 | 1658 | 1551 | 1573 | 1632.2 | |
| (6) Menonita | Azospirillum | 2219 | 2006 | 2270 | 2108 | 2244 | 2169.4 | |
| | 30-40-00 | 1871 | 1870 | 2176 | 1938 | 2219 | 2014.8 | |
| | 60-40-00 | 1913 | 1828 | 1845 | 1947 | 1751 | 1856.8 | |
| (7) Teporaca | Azospirillum | 1233 | 1360 | 1250 | 1220 | 1190 | 1250.6 | |
| | 30-40-00 | 1054 | 1398 | 1394 | 1445 | 1190 | 1296.2 | |
| | 60-40-00 | 999 | 1245 | 1046 | 1564 | 1369 | 1244.6 | |
| | | | | | | | | |
| FACTOR "B" | NIVELES DEL FACTOR "A" | | | | | | | MEDIA |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | |
| Azospirillum | 2081.4 a | 1801.2 a | 1708.6 a | 1749.4 a | 1487.8 a | 2169.4 a | 1250.6 a | 1749.77 ns |
| 30-40-00 | 2006.2 a | 2215.2 a | 1863.4 a | 1901.6 a | 1426.4 a | 2014.8 ab | 1296.2 a | 1817.68 ns |
| 60-40-00 | 1810.8 a | 2287.6 b | 1814.4 a | 1610.0 a | 1632.2 a | 1856.8 b | 1244.6 a | 1750.91 ns |
| | | | | | | | | |
| MEDIA | 1966.1 ab | 2101.3 a | 1795.5 bc | 1753.7 c | 1515.5 d | 2013.7 a | 1263.8 e | 1772.79 |
| | | | | | | | | |

F(Factor "A") = 62.78**; Tukey_(0.01) Factor "A" = 207.715; F (Factor "B") = 2.27NS; F (INTERACCIÓN) = 5.0632, Tukey_(0.01) interacción=293.554; C.V. = 8.61%. * Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales entre sí.

CUADRO 3. peso específico del grano de avena (g L^{-1}) bajo condiciones de temporal, por variedades, fertilización química y orgánica. C-26, CD. CUAUHTÉMOC, CHIH., CESICH. PV-2001.

| TRATAMIENTOS | | R E P E T I C I O N E S | | | | | MEDIA | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------|------------|-----------|
| FACTOR "A" (Variedades) | FACTOR "B" (Fertilización) | I | II | III | IV | V | | |
| (1) Karma | Azospirillum | 324 | 398 | 365 | 398 | 403 | 377.6 | |
| | 30-40-00 | 392 | 366 | 430 | 418 | 408 | 402.8 | |
| | 60-40-00 | 311 | 420 | 361 | 381 | 391 | 372.8 | |
| (2) Cevamex | Azospirillum | 363 | 357 | 372 | 380 | 361 | 366.6 | |
| | 30-40-00 | 304 | 401 | 368 | 441 | 392 | 381.2 | |
| | 60-40-00 | 353 | 398 | 378 | 400 | 370 | 379.8 | |
| (3) Chihuahua | Azospirillum | 349 | 344 | 374 | 353 | 441 | 372.2 | |
| | 30-40-00 | 395 | 338 | 357 | 363 | 387 | 368.0 | |
| | 60-40-00 | 332 | 364 | 372 | 350 | 353 | 354.2 | |
| (4) Bachiniva | Azospirillum | 508 | 475 | 503 | 472 | 493 | 490.2 | |
| | 30-40-00 | 493 | 505 | 481 | 490 | 498 | 493.4 | |
| | 60-40-00 | 488 | 484 | 485 | 470 | 489 | 483.2 | |
| (5) Babicora | Azospirillum | 413 | 388 | 398 | 399 | 389 | 397.4 | |
| | 30-40-00 | 378 | 388 | 384 | 411 | 370 | 386.2 | |
| | 60-40-00 | 413 | 398 | 388 | 401 | 410 | 402.0 | |
| (6) Menonita | Azospirillum | 415 | 414 | 423 | 432 | 473 | 431.4 | |
| | 30-40-00 | 430 | 447 | 455 | 431 | 431 | 438.8 | |
| | 60-40-00 | 413 | 453 | 467 | 444 | 440 | 443.4 | |
| (7) Teporaca | Azospirillum | 332 | 381 | 358 | 388 | 394 | 370.6 | |
| | 30-40-00 | 378 | 392 | 386 | 381 | 356 | 378.6 | |
| | 60-40-00 | 323 | 365 | 376 | 369 | 383 | 363.2 | |
| | | | | | | | | |
| FACTOR "B" | NIVELES DEL FACTOR "A" | | | | | | | MEDIA |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | |
| Azospirillum | 377.6 | 366.6 | 372.2 | 490.2 | 397.4 | 431.4 | 370.6 | 400.86 ns |
| 30-40-00 | 402.8 | 381.2 | 368.0 | 493.4 | 386.2 | 438.8 | 378.6 | 407.00 ns |
| 60-40-00 | 372.8 | 379.8 | 354.2 | 483.2 | 402.0 | 443.4 | 363.2 | 399.80 ns |
| | | | | | | | | |
| MEDIA | 384.4 c | 375.9 c | 364.8 c | 488.9 a | 395.2 c | 437.9 b | 370.8 c | 402.55 |

F(Factor "A") = 47.65**; Tukey_(0.01) Factor "A" = 36.246; F (Factor "B") = 1.1744 ns; F (INTERACCIÓN) = 0.9188 ns; C.V. = 5.27%.

* Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales entre sí.

CUADRO 4. altura de plantas de avena (cm), producidas bajo condiciones de temporal, por variedades, fertilización química y orgánica. C-26, CD. CUAUHTÉMOC, CHIH., CESICH. PV-2001.

| TRATAMIENTOS | | R E P E T I C I O N E S | | | | | MEDIA | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| FACTOR "A" (Variedades) | FACTOR "B" (Fertilización) | I | II | III | IV | V | | |
| (1) Karma | Azospirillum | 55 | 64 | 65 | 65 | 66 | 63.0 | |
| | 30-40-00 | 55 | 45 | 64 | 60 | 60 | 56.8 | |
| | 60-40-00 | 48 | 59 | 66 | 62 | 56 | 58.2 | |
| (2) Cevamex | Azospirillum | 65 | 65 | 70 | 65 | 60 | 65.0 | |
| | 30-40-00 | 55 | 70 | 60 | 70 | 60 | 63.0 | |
| | 60-40-00 | 70 | 70 | 70 | 70 | 74 | 70.8 | |
| (3) Chihuahua | Azospirillum | 67 | 64 | 66 | 75 | 76 | 69.6 | |
| | 30-40-00 | 64 | 62 | 60 | 67 | 67 | 64.0 | |
| | 60-40-00 | 64 | 64 | 63 | 67 | 67 | 65.0 | |
| (4) Bachiniva | Azospirillum | 62 | 60 | 58 | 70 | 65 | 63.0 | |
| | 30-40-00 | 70 | 75 | 65 | 65 | 70 | 69.0 | |
| | 60-40-00 | 60 | 60 | 60 | 60 | 65 | 61.0 | |
| (5) Babicora | Azospirillum | 65 | 60 | 58 | 59 | 60 | 60.4 | |
| | 30-40-00 | 60 | 55 | 54 | 60 | 60 | 57.8 | |
| | 60-40-00 | 65 | 65 | 70 | 63 | 65 | 65.6 | |
| (6) Menonita | Azospirillum | 60 | 65 | 65 | 65 | 65 | 64.0 | |
| | 30-40-00 | 60 | 62 | 65 | 70 | 63 | 64.0 | |
| | 60-40-00 | 65 | 63 | 67 | 63 | 68 | 65.2 | |
| (7) Teporaca | Azospirillum | 60 | 65 | 64 | 64 | 65 | 63.6 | |
| | 30-40-00 | 60 | 62 | 64 | 65 | 65 | 63.2 | |
| | 60-40-00 | 55 | 65 | 65 | 60 | 64 | 61.8 | |
| | | | | | | | | |
| FACTOR "B" | NIVELES DEL FACTOR "A" | | | | | | | MEDIA |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | |
| Azospirillum | 63.0 ab | 65.0 ab | 69.6 a | 63.0 ab | 60.4 b | 64.0 ab | 63.6 ab | 64.09 ns |
| 30-40-00 | 56.8 b | 63.0 ab | 64.0 ab | 69.0 a | 57.8 b | 64.0 ab | 63.2 ab | 62.54 ns |
| 60-40-00 | 58.2 b | 70.8 a | 65.0 ab | 61.0 b | 65.6 ab | 65.2 ab | 61.8 b | 63.94 ns |
| | | | | | | | | |
| MEDIA | 59.33 b | 66.27 a | 66.20 a | 64.33 ab | 61.27 ab | 64.40 ab | 62.87 ab | 63.52 |
| | | | | | | | | |

F(Factor "A") = 4.8552**; Tukey_(0.01) Factor "A" = 6.4261; F (Factor "B") = 2.0683 ns; F (INTERACCIÓN) = 4.4244**, Tukey_(0.01) interacción=8.3933; C.V. = 5.52%. * Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales entre sí.

CUADRO 5. Condiciones climáticas registradas durante el desarrollo del cultivo de avena tratada con biofertilizantes más fertilizantes inorgánicos. campo 26 Mpio. de CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA. CESICH-2001.

| MESES | ELEMENTOS DE CLIMA | | | | | |
|------------|--------------------|-------|-------|--------------|--------------|------|
| | Tmax. | Tmin. | Tmed. | P.P. | Evap. | P/E |
| Julio | 27.8 | 13.5 | 20.6 | 39.0 | 9.4 | 4.16 |
| Agosto | 27.7 | 11.9 | 19.8 | 63.7 | 126.7 | 0.49 |
| Septiembre | 27.5 | 9.4 | 18.1 | 23.9 | 110.3 | 0.24 |
| Octubre | 25.7 | 3.4 | 14.5 | 0.0 | 102.1 | 0.00 |
| Noviembre | 24.7 | 4.2 | 14.4 | 0.0 | 3.3 | 0.00 |
| | | | | 126.6 | 351.8 | |

Tmax. = Temperatura media de máximas; Tmin. = Temperatura media de mínimas ; Tmed = Temperatura media de medias (todas expresadas en °C); P.P. = precipitación Pluvial (mm); Evap. = Evaporación (mm) y P/E = Cociente Precipitación/Evaporación (adim).

CUADRO 6. análisis económico sobre la producción de avena de temporal (materia seca total; kg/ha), tratada con fertilizantes orgánicos e inorgánicos. campo 26 Mpio. de CUAUHTÉMOC, CHIH. CESICH-2001.

| TRATAMIENTOS | | M.S.T. (kg ha ⁻¹) | B.B. (\$) | C.V. (\$) | B. N. (\$) | I.R. |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|------|
| FACTOR "A" (Variedades) | FACTOR "B" (Fertilización) | | | | | |
| (1) Karma | Azospirillum | 2081.4 | 2706 | 1869 | 837 | 1.45 |
| | 30-40-00 | 2006.2 | 2608 | 2157 | 451 | 1.21 |
| | 60-40-00 | 1810.8 | 2354 | 2275 | 79 | 1.03 |
| (2) Cevamex | Azospirillum | 1801.2 | 2342 | 1869 | 473 | 1.25 |
| | 30-40-00 | 2215.2 | 2880 | 2157 | 723 | 1.34 |
| | 60-40-00 | 2287.6 | 2974 | 2275 | 699 | 1.31 |
| (3) Chihuahua | Azospirillum | 1708.6 | 2221 | 1869 | 352 | 1.19 |
| | 30-40-00 | 1863.4 | 2422 | 2157 | 265 | 1.12 |
| | 60-40-00 | 1814.4 | 2359 | 2275 | 84 | 1.04 |
| (4) Bachiniva | Azospirillum | 1749.4 | 2274 | 1869 | 405 | 1.22 |
| | 30-40-00 | 1901.6 | 2472 | 2157 | 315 | 1.15 |
| | 60-40-00 | 1610.0 | 2093 | 2275 | -182 | 0.92 |
| (5) Babicora | Azospirillum | 1487.8 | 1934 | 1869 | 65 | 1.03 |
| | 30-40-00 | 1426.4 | 1854 | 2157 | -303 | 0.86 |
| | 60-40-00 | 1632.2 | 2122 | 2275 | -153 | 0.93 |
| (6) Menonita | Azospirillum | 2169.4 | 2820 | 1869 | 951 | 1.51 |
| | 30-40-00 | 2014.8 | 2736 | 2157 | 579 | 1.27 |
| | 60-40-00 | 1856.8 | 2414 | 2275 | 139 | 1.06 |
| (7) Teporaca | Azospirillum | 1250.6 | 1626 | 1869 | -243 | 0.87 |
| | 30-40-00 | 1296.2 | 1685 | 2157 | -472 | 0.78 |
| | 60-40-00 | 1244.6 | 1618 | 2275 | -657 | 0.71 |

Beneficio Bruto= Valor de la producción = kg de MST * \$1,300 ton ; Costo Variable= Costo del cultivo + Costo del Biofertilizante (\$22.00 / bolsa/cuatro bolsas) ; Beneficio Neto = Valor de la Producción – Costo del tramiento ; I.R. = Indice de Redituabilidad.

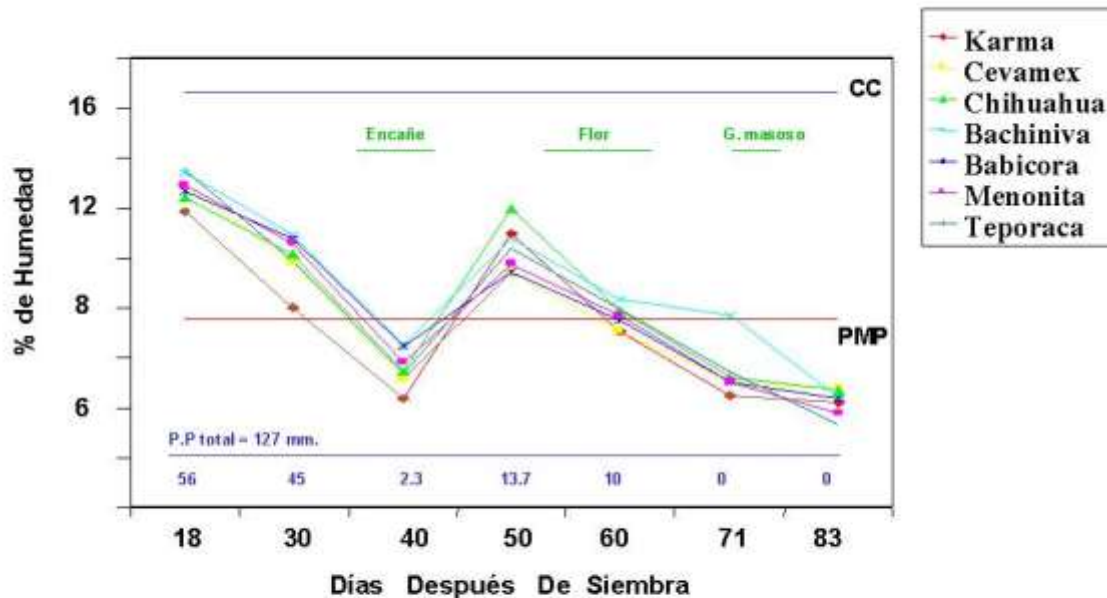


Fig 1.- Dinámica de la humedad en el suelo por variedad de Avena, en el estrato 0 - 30 cm. en relación a la precipitación pluvial (p.p) y estadios fenológicos. Campo 26 Cuauhtémoc Chih. Ciclo PV 2001.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguirre M., J.F. y E.Z. Velazco. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium Loti* I. Agricultura Técnica en México. 20 (1): 43-45.
- Amado A., J.P. y P. Ortiz F. 2001. Evaluación de fitohormonas, fertilizantes químicos y biológicos sobre la producción de avena bajo condiciones de temporal. TERRA. (en prensa).
- Amado A., J.P., P.Ortiz F. y J.J. Salmerón Z. 2000. Manejo agronómico de la avena en la Sierra de Chihuahua (variedades, agua, densidad de siembra y fertilización mayor). Folleto Científico No. 7. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Ávila M., M.R. 1997. Ventajas comparativas del cultivo de avena de temporal en Chihuahua. Agricultura Técnica en México. Vol. 23; No. 2. P.125-138.
- Campos V., A. 1992. La fertilización orgánica moderna una nueva alternativa para el productor agrícola. pp. 198-204. In: MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SUELO y EL AGUA. Dr.

- José Feliciano Ruíz Figueroa (Ed). Primera Reunión Nacional. 12 al 15 de Agosto de 1993. Montecillo, Edo. De México.
- Estañol B.E.R., Ferrera C., C. C. Sosa M., J.A. Santizo R. R. Quintero L. 1999. Introducción del nemátodo *Meloidogyne chitwoodi*, con tres especies de hongos *Glomus* Sp. en la producción y distribución de materia seca de plantas jóvenes de maíz. *TERRA*. Vol. 17 No. 1. pp: 17-25.
- Estrada B. W. J.W. 1987. Degradación de los suelos de la República Mexicana. Conferencia en el 20 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zac.
- García A., E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen L, para adaptarlos a las condiciones de México. Offset Larios S.A., México D.F.
- González Ch., Ma. Del C. y R. Ferrera C. 1994. Introducción de la micorriza V-A y la fertilización fosfatada en diferentes portainjertos de cítricos. *TERRA*. 12(3):338-344.
- González O., R.I. y M.R. Ávila M. 1996. Praderas de invierno: una alternativa forrajera para la región de la Baja Babicora. Folleto para Productores No. 1. Gobierno del Estado de Chihuahua-SAGAR-INIFAP-CESICH. Cd. Cuauhtémoc., Chih.
- Gross D. and Parthier, B. 1994. Novel natural substances acting in plant growth regulation. *Journal of PlantGrowth Regulation*. 13:93-114.
- Leal S., E. 1992. Uso de fuentes alternativas de fertilizantes en la Provincia de Ciego de Ávila, Cuba. pp: 215-224. In: *MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SUELO Y EL AGUA*. Dr. José Feliciano Ruíz Figueroa (Ed). Primera Reunión Nacional. 12 al 15 de Agosto de 1993. Montecillo, Edo de México.
- Linderman , R.G. 1992. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and soil microbial interactions. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. 677 S. Segue Rd. , Madison, Wi. 53711, USA. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA. Special Publication No. 54.
- Manarrez M., M.J., R. Ferrera C. y M.C. González Ch. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *TERRA*. Vol. 17, No. 1. pp: 9-16.
- Mariscal, G. 2000. Informe de Labores. Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de UNIFRUT. Cd. Cuauhtémoc, Chih, México.
- Okon, Y. and C. Labandera. 1994. Agronomic applications of azospirillum evaluation of 20 years world wide field inoculation. *Solil Biology*. 26 (12): 1591-1601.
- Olivares S., E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L.

- Orozco V., F.; P. Ortiz F.; M. Berzoza M. y N. Chávez S. 1993. Determinación del Potencial Productivo para el estado de Chihuahua. SAGAR-INIFAP-CIRNOC.
- Ortiz F., P. y J. Amado A. 1999. Simbiosis doble *Rhizobium*-Micorriza Arbuscular y uso de Brassinoesteroides para frijol de temporal en la "Sierra de Chihuahua". Experimento Nacional. Informe de Investigación. CESICH-CIRNOC-INIFAP. Cuauhtémoc, Chih., México.
- Ortiz F., P., 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 Co. 6. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CESICH. Cd. Cuauhtémoc., Chih.
- Ortiz F., P.; J. Amado A.; P. Fernández H. y R. González O. 1999. Evaluación del uso de biofertilizantes en avena y frijol de temporal en la "Sierra de Chihuahua". CESICH-CIRNOC-INIFAP. Cuauhtémoc, Chih., México.
- Read, D. 1998. Plants on the Web. *Nature*. 396: 22-23.
- Rojas G., M. y M. Rovalo. 1985. *Fisiología Vegetal Aplicada*. 3ª edición. Editorial McGraw-Hill. México, D.F.
- Safir, G.R., Boyer J.S. and Gerderman, J.W. 1972. Nutrient status and micorrhizal enhancement of water transports in soybean. *Plant Physiology*. 49: 700-703.
- Salmerón Z. J.J. 2000. Teporaca, Menonita y Bachiniva, nuevas variedades de avena para el noroeste de Chihuahua. Folleto Técnico No. 12. CONACYT-INIFAP-CIRNOC-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Selosse, M.A. and le Tacon, F. 1998. The land flora: a phototroph-fungus partnership tree. 13(1): 15-20.
- Torres R., E. *Manual de Conservación Suelos Agrícolas*. Editorial Diana. 4ª Edición, México D.F.

CAPITULO X

NORMAS DE APLICACIÓN DE RESIDUOS ANIMALES AL SUELO

Dr. Manuel Fortis Hernández¹, Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez², Dr. Enrique Salazar Sosa³

1Subdirección de Investigación y Posgrado (SIGA-ITA No.10) e-mail: mfortis@avantel.net

2 Coordinación general de postgrado Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México

3 Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango

PRESENTACIÓN

La producción de alimentos y fibras a través del sector llamado “agricultura” es un componente esencial y estratégico de cualquier sociedad. A lo largo de la historia, las civilizaciones incapaces de alimentar a su pueblo han desaparecido. Por el contrario, las sociedades que han avanzado y desarrollado lo han hecho solo al alcanzar en primer lugar una alta eficiencia en la producción de alimentos y de fibras. En los países desarrollados, sólo un pequeño porcentaje de la población está implicada en la producción agrícola, liberando a gran parte de la población para otras actividades, tales como el comercio, la ciencia, las artes y la manufactura. La intensificación, usando aportaciones externas (energía, sustancias químicas que protegen el cultivo, fertilizantes, mejoradores del suelo, incorporación de residuos orgánicos, etc.), ha sido el factor crítico en la agricultura para alcanzar el éxito en la producción de alimentos y fibras.

CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

En relación a los suelos agrícolas, en estos se emplean una variedad de residuos, estos residuos, se aplican en tasas y usando técnicas que hagan mínimo el riesgo de contaminación y máxima la absorción de nutrientes por las plantas. En las peores circunstancias, los residuos se aplican de acuerdo con una estrategia de “evacuación” que ignora los principios agronómicos y del suelo, dando lugar a un potencial de contaminación elevado. La variedad de residuos que se emplean en el suelo agrícola es demasiado grande para un listado exhaustivo y

caracterización. Los lodos que proceden de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales industriales, domésticas y combinadas (así como del agua residual tratada) y los residuos que proceden de las fabricas de alimentos (sangre, panza, suero, residuos que proceden del tratamiento de aguas residuales) son predominantes en volumen. En muchos casos, estos residuos contienen sólo materia orgánica y nutrientes inorgánicos aunque las cantidades relativas de cada uno varían considerablemente para los diferentes residuos. El potencial de contaminación es reducido por los mismos procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.

En el caso de los lodos, especialmente los de origen industrial, metales pesados u otros microcontaminantes potenciales (dioxinas, PCB=policloruro de bifenilo) pueden ser una preocupación ambiental.

Cuadro 1. Características físicas del lodo

| Parámetro | Lodos primarios | Lodos secundarios | Lodos deshidratados |
|---|-----------------|-------------------|---------------------|
| Sólidos secos | 2-6% | 0.5-2 % | 15-35% |
| Sólidos volátiles | 60-80% | 50-70 % | 30-60% |
| Gravedad específica del lodo | ≈1.02 | ≈ 1.05 | ≈ 1.1 |
| Gravedad específica de los sólidos del lodo | ≈1.4 | ≈ 1.25 | ≈ 1.2-1.4 |
| Esfuerzo cortante (kN/m ²) | <5 | <2 | <20 |
| Contenido energético (MJ/kgSV) | 10-22 | 12-20 | 25-30 |
| Tamaño de partícula (90%) | <200µm | < 100 µm | < 100 µm |

Fuente: Gerard Kiely (1999).

El lodo consiste en sólidos orgánicos, arenas y finos inorgánicos. Como contiene materia orgánica, es adecuado para una posterior digestión anaerobia. El espesado posterior se produce en espesadores de varillas (u otros), seguido de estabilización y deshidratación. Los lodos secundarios son esencialmente biológicos, resultado de la conversión de los residuos solubles (no sedimentables) del afluente primario. Se producen como lodos en exceso de los clarificadores secundarios, después de algún proceso de tratamiento secundario, como puede ser lodos activados, filtros percoladores, CBR y variaciones de estos procesos unitarios. En

caso de falta de materia orgánica los lodos secundarios son menos adecuados para digestión anaerobia.

Los lodos mixtos son los combinados de primarios y secundarios. Esto se usa a veces para que las propiedades de fácil deshidratación de los primarios ayuden (en la deshidratación) a los lodos secundarios más difíciles de deshidratar.

Los lodos químicos se producen cuando se añade cal, o sales de aluminio o hierro, etc., para mejorar la separación de sólidos en suspensión o para precipitar químicamente el fósforo. Los lodos de tratamiento de agua (potable) son lodos químicos. Aunque algunos reactivos pueden ser beneficiosos para la deshidratación (cal), otros inhiben la deshidratación.

Cuadro 2. Niveles de organismos indicadores y patógenos en bacterias y virus de lodos.

| Lodos (no tratados) ^Y | Coliformes totales | Coliformes fecales | Estreptococos fecales | Especies de Salmonella | Pseudomonas aeruginosa | Virus entéricos |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Primarios | 10 ⁶ -10 ⁸ | 10 ⁶ -10 ⁷ | -10 ⁶ | 4X10 ² | 3X10 ³ | 0.002-0.004 |
| Secundarios | 10 ⁹ -10 ⁸ | 10 ⁷ -10 ⁹ | -10 ⁶ | 9X10 ² | 1X10 ⁴ | NMP |
| Mixtos | 10 ⁷ -10 ⁹ | 10 ⁵ -10 ⁶ | -10 ⁶ | -5X10 ² | ≈10 ³ -10 ⁵ | 0.015-0.026 NMP |

^Y No tratado significa sin estabilizar, deshidratar, digerir aerobia o anaerobiamente, compostear, etc.

NMP: Numero mas probable.

Fuente: Lue-Hing *ét al.*, 1992.

Requisitos de calidad de lodos de agua residual tratados

Muchos países han publicado varias directivas para proteger la calidad ambiental. Por ejemplo, en la Unión europea se ha establecido una legislación la cual establece un estándar mínimo para la protección ambiental que debe adoptarse por todos los países miembros. Una de las más importantes es la "Directiva sobre el Agua Potable" (80/778/CEE) establece las concentraciones máximas de los distintos contaminantes que se admiten en el agua potable pública. Una legislación similar (Directiva 79/659/CEE) establece los límites de la calidad del agua para la protección de los habitats de los peces. Conjuntamente, estas directivas

proporcionan unos medios generales mediante los que controlar la contaminación a partir de una variedad de causas, incluyendo la agricultura.

La legislación diseñada específicamente para proteger el agua subterránea a partir de las fuentes agrícolas de los nitratos es la “Directiva de los Nitratos en el Agua Subterránea” (91/676/CEE). La Directiva reafirma una concentración máxima admisible (MAC) de nitrato en el agua subterránea de 50 mg/l que se estableció por la Directiva 80/778/CEE. Además, la legislación indica qué códigos de buena práctica agrícola serán establecidos por los países miembros, para ser llevados a cabo de forma voluntaria por los agricultores.

El terreno agrícola está convirtiéndose en un receptor propicio para los lodos de las aguas residuales, impulsando la aprobación de ordenanzas para controlar el empleo de los fangos de alcantarillas con objeto de prevenir los efectos dañinos al suelo, a la vegetación, a los animales y a los seres humanos. La Directiva 86/278/CEE establece el porcentaje máximo de aplicación de los lodos y estipula que los fangos de aguas residuales deben aplicarse al terreno de acuerdo al código de buena práctica para evitar la contaminación de las aguas y las emisiones de niveles molestos de olores.

Por otra parte, la normatividad más amplia que regula la calidad de los lodos finales es la de la Water Environmental Federation (WEF, 1993). Para cumplir con estas normas, los requisitos de patógenos en lodos de depuradoras están detallados y explícitos. Por ejemplo la aplicación de lodos en la agricultura deben seguirse las siguientes condiciones:

- Para cosechas alimenticias: no cosechar antes de 14 (hasta 38) meses después de la aplicación del lodo (dependiendo de la cosecha)
- Cosechas de forrajes no cosechar antes de 30 días
- Pastos: no pastoreo antes de 30 días
- Césped: no cosechar antes de un año
- Acceso público: acceso prohibido durante 30 días en las zonas de baja exposición (hasta un año para las de alta exposición).

PRODUCCIÓN DE RESIDUOS EN LAS GRANJAS

Aunque la industria agrícola incluye todas las facetas de la agroindustria desde la producción de materias básicas hasta el procesamiento de los productos finales, solo se abordara la generación de residuos que se producen en una granja. Bajo este supuesto, los contaminantes de las granjas pueden clasificarse como físicos (por ejemplo, suelo erosionado, las emisiones gaseosas), químicos (por ejemplo, nutrientes) o biológicos (por ejemplo, bacterias). Las fuentes de estos contaminantes son diversas: residuos animales, efluente ensilado, escorrentías contaminadas procedentes de las zonas de corrales, lavados lácteos, pesticidas y combustibles. El estiércol de animal es con mucho el más significativo. Los residuos de animal que requieren un control incluyen todo el estiércol de los cerdos y de las aves de corral y además el producido por el pastoreo durante el período de alimentación en interiores en invierno. Si no son adecuadamente utilizados, estos residuos tienen un potencial significativo para causar contaminación tanto del aire como del agua (en términos de la volatilización del amoníaco y de los olores molesto).

La excreción (heces y orina procedente de los animales en una dieta de forraje consistentes aproximadamente en un 65 por ciento de heces y un 35 por ciento de orina en volumen) consiste en los restos parcialmente digeridos de la ingestión del pienso de los animales diluidos con cantidades variables de agua. La excreción incluye una gama de materiales que varía desde los restos de los alimentos no dirigidos hasta los componentes primarios de los tejidos vegetales, dióxido de carbono, minerales y agua combinados con los microbios procedentes del tracto digestivo de los animales. Los contenidos microbianos de los residuos animales los hacen sustancias biológicamente activas, una de sus características importantes. La actividad microbiana es la responsable de la mineralización de los nutrientes en la materia orgánica.

Cuadro 3. Producción diaria aproximada de excremento de animales de granja

| Tipo de ganado | Peso corporal (kg) | Excrementos (aproximado litros/día) | | Excrementos (% aproximado de materia seca) |
|---|--------------------|-------------------------------------|--------|--|
| | | Intervalo | Típico | |
| Vacuno | | | | |
| Ternero hasta 2 meses alimentado con alimento líquido concentrado | 73 | 4.0-6.1 | 5.0 | 12-14 |
| Ternero hasta 6 meses | 160 | 6.3-7.8 | 7.5 | 12-14 |
| Vaquilla hasta 12 meses | 270 | | 15.0 | 12-14 |
| Vaquilla hasta 18 meses | 380 | | 20.0 | 12-14 |
| Vaca estabulada hasta 12 meses | 400 | 10-34 | 27 | 12-14 |
| Vaca lechera | 500 | 32-54 | 41.0 | 13 |
| Caballo | 680 | | 30.0 | 9 |
| Cerdos | | | | |
| Lechón hasta 3 semanas | 5 | | 1.0 | 10 |
| Cerdo destetado | 12 | 1.5-2.5 | 2.0 | 10 |
| De engorde alimentado con pienso seco | 50 | 2.0-5.5 | 4.0 | 10 |
| De engorde alimentado con agua; pienso | | | | |
| De engorde alimentado 2:1 | 50 | 2.0-5.5 | 4.0 | 10 |
| De engorde alimentado 4:1 | 50 | 4.0-9.0 | 7.0 | 6 |
| De engorde alimentado con bazofia | 50 | M. variable | 15.0 | 3-5 |
| De engorde alimentado con suero | | | | |
| Aves de corral | 50 | 14.0-17.0 | 14.0 | 2 |
| Pollo | | | | |
| Gallina ponedora | 2 | | 0.04 | 60 |
| Pavo | 2 | 0.10-0.14 | 0.03 | 25 |
| Conejo | 7 | | 0.17 | 23 |
| | 2.7 | 0.39 | | |

Fuente: Adaptado de Kiely (1999).

Composición de minerales / nutrientes procedentes de los fangos agrícolas

La composición de nutrientes o el valor fertilizante del fango está influenciado por el tipo de animal, la dieta animal, las condiciones de almacenamiento de los residuos y la extensión de la dilución con agua, con el estrato o con el estiércol. En el siguiente cuadro viene dada una indicación de la composición media de los distintos lodos.

Cuadro 4. Composición de materia seca y de nutrientes del estiércol animal

| Tipo de estiércol | Materia seca (g/kg) | Composición del lodo agrícola (kg/10 t) | | |
|---------------------|---------------------|---|---------|---------|
| | | Nitrógeno | Fósforo | Potasio |
| Fangos de ganado | 69 | 36 | 6 | 43 |
| Fangos de cerdo | 32 | 46 | 9 | 26 |
| Estiércol | 17 | 35 | 9 | 40 |
| Estiércol de corral | 20 | 45 | 10 | 60 |
| Aves | | | | |
| Parideras | 70 | 260 | 90 | 120 |
| Ponedoras | 24 | 140 | 50 | 60 |

Fuente: Garald Kiely (1999).

Los nutrientes incluyen cantidades significativas de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S). Contienen también, en cantidades más pequeñas, calcio, magnesio y elementos traza. El lodo de ganado comparado con el de cerdo es alto en K y bajo en P. Esto refleja la diferencia en las concentraciones de nutrientes entre la alimentación con hierba y la de cereales del ganado y cerdo respectivamente. Se añade P mineral extra a la dieta alimenticia de los cerdos para satisfacer los requisitos de crecimiento a causa de su incapacidad para satisfacer los requisitos de crecimiento a causa de su incapacidad para absorber el P suficiente del componente cereal de la dieta. La concentración de nutrientes aparentemente más alta en las aves de corral comparada con los lodos de ganado o de cerdo reflejan en el primero el mayor contenido de materia seca. Debido a la alta variación de las concentraciones de los nutrientes en los residuos animales, se requieren análisis individuales de una granja dada para una determinación precisa del valor nutriente de los residuos animales.

En este sentido, la contaminación del suelo no es una cuestión típicamente debida a la naturaleza de los contaminantes agrícolas, que son la materia orgánica y los nutrientes (y el suelo erosionado en algunos ejemplos). El nitrógeno se suele perder por lixiviación en los

sistemas agrícolas, volatilización y desnitrificación. El fósforo se suele perder por escorrentía, al igual que la materia orgánica y el suelo erosionado.

Contaminación potencial de los residuos agrícolas

Los residuos de los animales son de alta resistencia y tienen potencial para provocar serios problemas de contaminación del agua. En el siguiente cuadro se compara distintos residuos animales (al 4 por ciento en base seca) con la composición del agua fecal bruta (sin tratar) típica.

Cuadro 5. Composición del estiércol de diversos animales (4% de materia seca) y agua residual doméstica bruta.

| Componente | Fuente de agua (mg L ⁻¹) | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| | Ganado de ordeña | Ganado vacuno | Cerdo | Pollo | Humano |
| Sólidos totales (ST) | 40,000 | 40,000 | 40,000 | 40,000 | 500 |
| Sólidos volátiles (SV) | 29,700 | 31,000 | 31,600 | 31,100 | 350 |
| DBO ₅ | 6,000 | 6,700 | 12,800 | 9,800 | 200 |
| DQO | 36,200 | 35,600 | 32,800 | 36,000 | 450 |
| Nitrógeno como N | 1,600 | 1,900 | 2,500 | 2,900 | 30 |
| Fósforo (P) | 300 | 400 | 950 | 1,100 | 10 |
| Potasio (K) | 860 | 1,100 | 1,400 | 1,100 | 10 |

Departamento de Agricultura de EE UU, 1975.

Como se evidencia por las altas concentraciones tanto de DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno), los residuos de animales tienen cantidades considerables de materia orgánica y de especies inorgánicas reactivas (o sea, amoníaco) que ejercerán una demanda excesiva de oxígeno en las aguas superficiales. Estas altas demandas de oxígeno también excluyen el tratamiento mediante procesos convencionales de los residuos de animales, como se ha hecho con las aguas fecales domésticas y otros residuos industriales. En consecuencia, la aplicación al terreno es un método económicamente viable y ambientalmente sostenible de “tratar” los residuos animales. La aplicación de los residuos animales al terreno no resultará en contaminación del mismo cuando se aplica en proporciones agronómicas y en las épocas correctas del año. La aplicación al terreno de algunos residuos de alta resistencia en proporciones altas puede provocar que aquél llegue a ser temporalmente anaerobio debido a la demanda de oxígeno de los residuos.

Las aplicaciones masivas repetidas de residuos animales al terreno pueden producir una acumulación de niveles de P en aquél, aunque los casos en que se han alcanzado niveles de P fitotóxicos son muy raros. El aumento de los niveles de P en el suelo se asocia más frecuentemente con el mayor potencial para liberar P soluble en agua y el consiguiente aumento en el potencial de contaminación del agua. En los sistemas de agua dulce, concentraciones mínimas de P soluble (0.01 ml) son suficientes para causar la floración de las algas si se satisfacen otras condiciones ambientales. Estas floraciones, a su vez, reducen los niveles de oxígeno en el agua a niveles que provocan la muerte de los peces, aumentando los costos en el tratamiento de agua (si el agua se usa para el abastecimiento público potable) y son estéticamente inaceptables. En los sistemas salino, pequeñas concentraciones de N pueden estimular el crecimiento de las algas.

Los olores son el “contaminante” del aire más reconocible que se origina en los residuos animales; generalmente estas emisiones están asociadas con el proceso de la aplicación al terreno. Aunque menos evidente a las personas, la volatilización del NH₃ de los residuos de los animales ha sido identificada como un serio contaminante del aire en ciertas regiones. Se ha aprobado una legislación estricta para controlar la pérdida de N gaseoso en países con graves problemas como en los Países Bajos.

El terreno agrícola está convirtiéndose en un receptor propicio para los lodos de las aguas residuales, impulsando la aprobación de ordenanzas para controlar el empleo de los fangos de alcantarillas con objeto de prevenir los efectos dañinos al suelo, a la vegetación, a los animales y a los seres humanos. La Directiva 86/278/CEE establece el porcentaje máximo de aplicación de los lodos y estipula que los fangos de aguas residuales deben aplicarse al terreno de acuerdo al código de buena práctica para evitar la contaminación de las aguas y las emisiones de niveles molestos de olores.

En Estados Unidos, la leyes aprobadas por el Congreso tienen el mismo efecto en los distintos estados que las directivas de la UE en los países miembros, al establecer las normas mínimas para la protección ambiental. El control de la contaminación del agua originada por la agricultura (al igual que la procedente de otras fuentes contaminantes) está ordenado por las Enmiendas a la Ley de Control de la Contaminación del Agua de 1972 y su sucesora, la Ley de Agua Limpia (PL 95-217). La Ley Agrícola de 1990 en EEUU exigió medidas específicas para la

protección del ambiente a las explotaciones agrícolas que intentaban participar en los programas federales de asistencia agrícola.

APLICACIÓN DE RESIDUOS ANIMALES

Durante toda la historia escrita los residuos animales han sido aplicados en la tierra como una fuente de nutrientes y materia. No es extraño pues que las normas de práctica se hayan desarrollado para guiar la utilización de estos residuos para lograr los objetivos agronómicos y ambientales. Estas normas o códigos también ofrecen una guía apropiada para la aplicación en la tierra de otros residuos orgánicos. En la siguiente tabla se proporciona un resumen conciso de unas normas de práctica.

Cuadro 6. Normas típicas de una práctica adecuada para esparcir estiércol

Aplicar el estiércol en las tasas que tienen en cuenta las necesidades nutritivas de la cosecha y los niveles de fertilidad del suelo.

Utilizar periódicamente un programa de comprobación del suelo y estiércol para determinar las aportaciones y necesidades de nutrientes.

Aplicar el estiércol lo más pronto posible en cualquier temporada de crecimiento

Evitar aplicar estiércol sobre suelos mojados o encharcados, terrenos congelados o cubiertos de nieve, y sobre áreas cerca de aguas superficiales y fuentes subterráneas.

Comprobar siempre las partes meteorológicas antes de aplicar el estiércol; evitar extenderlo si se ha pronosticado precipitaciones que puedan producir escorrentías en las 48 horas siguientes.

Utilizar equipos de aplicación calibrados y utilizados de acuerdo con las especificaciones para lograr las tasas de aplicación de residuos deseados.

Evitar la contaminación directa de las aguas superficiales y subterráneas manteniendo un margen de seguridad suficiente (zonas tope o suelos insaturados, respectivamente) entre estos recursos y el lugar de aplicación del estiércol.

Donde sea posible, evitar dejar el suelo al descubierto durante el invierno.

Tomar todas las medidas razonables para reducir las emisiones de olor (incorporar los residuos inmediatamente, si es posible; no aplicar estiércol cuando los vientos dominantes vayan hacia residencias cercanas; utilizar aspersores de trayectoria corta en vez de trayectoria larga).

Materia orgánica base de la fertilidad del suelo

Los beneficios que la materia orgánica proporciona al suelo son múltiples, pero los podemos agrupar en dos grandes funciones. En primer lugar, actúa como un fertilizante o abono orgánico, y por otro lado, como una excelente enmienda al mejorar las propiedades del suelo.

Además, los abonos orgánicos no requieren ser importados ni subsidiados, y ellos se obtienen a partir de los residuos orgánicos que la propia finca genera : estiércoles y rastrojos de cosechas, fomentando de esta manera un proceso de reciclaje alimenticio (tráfico) y energético. Los fertilizantes químicos como la urea, superfosfatos, cloruro de potasio, etc. suministran al suelo un determinado nutriente : nitrógeno, fósforo o potasio respectivamente. A diferencia de ello, los abonos orgánicos poseen una composición más completa de nutrientes. Por ello, al descomponerse liberan no sólo nitrógeno, fósforo y potasio sino muchos otros nutrientes como el calcio, magnesio, azufre, y micronutrientes. Indudablemente la concentración de cada uno de ellos es más baja que la denominada "ley" de los fertilizantes químicos, pero ello se compensa por la aplicación de dosis más altas en razón a su menor precio unitario. Un aspecto que pocas veces se toma en cuenta es la calidad del producto cosechado que, en el caso de la fertilización orgánica, es muy superior a los productos obtenidos con una fertilización química.

Por otro lado, como enmienda del suelo, la materia orgánica es insuperable. Ella actúa mejorando la fertilidad física, química y biológica del suelo. Así por ejemplo, en los suelos arenosos la materia orgánica mejora su textura e incrementa la capacidad de almacenamiento de agua, aspecto muy importante en zonas donde el agua es escasa y cara. Por el contrario, suelos arcillosos y compactos cuando se secan pueden volverse más sueltos y porosos con un suministro regular de materia orgánica.

Pero, probablemente uno de los mayores beneficios de la materia orgánica, lamentablemente poco estudiado a pesar de su importancia, es que gracias a este componente, el suelo desarrolla gran actividad biológica al fomentarse la aparición de organismos y microorganismos benéficos como las lombrices de tierra, bacterias fijadoras de nitrógeno, controladores de plagas, etc.

El tipo de materia orgánica así como la dosis a emplear dependerá, en primer lugar, de la disponibilidad de ella en cada caso, del clima, del tipo de suelo, del cultivo a abonar, de las

preferencias del agricultor, del costo, etc. No valen las recetas para todos los casos. Cada cual deberá experimentar qué tipo de abono orgánico le conviene más. En algunos casos puede ser el estiércol fresco o el estiércol fermentado (de vacuno, ovino, gallina, cuyes etc). En otros, si se dispone además de estiércol, de rastrojos de cosecha, se puede preparar "compost". Otros pueden optar por la lombricultura y obtener el llamado "humus de lombriz". Si se cuenta con un mayor nivel tecnológico y la infraestructura necesaria se puede producir mediante la construcción de "biodigestores", los tan apreciados Bioabonos (líquidos y sólidos) además de Biogás como fuente de energía, sin costo adicional.

Lo importante es que se está utilizando los propios recursos de la **chacra** para beneficio de ella, sin crear dependencia externa ni endeudamiento para el agricultor ni para el Estado. Si a ello se agrega el impacto positivo sobre el ambiente, al no quemar los rastrojos de cultivo, ni arrojar los excrementos de animales a los cursos de agua, la reflexión que surge es ¿no estarán mal orientados los subsidios del Estado al favorecer una agricultura poco sustentable?.

NORMAS DE APLICACIÓN DE RESIDUOS ANIMALES EN MÉXICO

En México se cuenta con una Norma Oficial Mexicana para las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Se encuentran registradas 15 Agencias de Certificación, de las cuales 3 son de origen mexicano (CERTIMEX, CUCEPRO y CADS) y una agencia internacional (OCIA) división México.

Las empresas extranjeras más importantes que operan en nuestro país son: Organic Crop Improvement Association Internacional (OCIA), con sede en Estados Unidos; Naturland, de Alemania, y Quality Assurance International, de Estados Unidos. La certificación nacional corresponde al Comité Universitario Certificador de Productos Orgánicos de la Universidad de Colima, a la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos S.C. (Certimex), que realiza procesos de cocertificación con empresas internacionales; a la Asociación Civil Dana y otros.

Muchos programas de certificación requieren medidas adicionales de protección del ambiente, por ejemplo, en las esferas relativas a la conservación de suelos y aguas, la lucha contra la contaminación o el uso de agentes biológicos se aplican por lo general medidas específicas.

En nuestro país la producción de productos orgánicos se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-307 -Fito-1995 / 1997, en la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, aunque la producción y comercialización orgánica ha estado inserta en el mercado internacional a través de empresas certificadoras e intermediarias de países industrializados que han fijado las pautas para los productores nacionales y para la exportación.

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.

En el siguiente cuadro se aprecia en detalle los datos de identificación de la NOM establecida por la Secretaría de Economía (antes SECOFI).

Cuadro 1. Norma Oficial Mexicana (NOM)

| DATOS DE IDENTIFICACIÓN | |
|--------------------------------|---|
| Clave de la norma | NOM-037-FITO-1995 |
| Título de la norma | Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. |
| Fecha de publicación | 23 de abril de 1997 |
| Fecha de entrada en vigor | 24 de abril de 1997 |
| Tipo de norma | definitiva |
| Producto | Producción orgánica |
| Rama de la actividad económica | Alimentos |
| Dependencia | SAGARPA |
| Comité Consultivo | CCNN DE PROTECCIÓN FITOSANITARIA (FITO) |

FUENTE: Secretaría de Economía

Muy recientemente, entrego en vigor la NORMA Oficial Mexicana (con carácter de emergencia) NOM-EM-034-FITO-2000, que contiene los requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas.

En esta se definen, entre otros, a los **fertilizantes orgánicos como:** Productos de origen vegetal o animal que por efecto de la descomposición microbiana e incorporación al suelo, suministran elementos útiles para el crecimiento de las plantas.

En relación a la Fertilización se menciona que hay que:

- a) Tratar el estiércol, lodos residuales y otros fertilizantes orgánicos con procedimientos como composteo, pasteurización, secado por calor, radiación ultravioleta, digestión alcalina o combinación de éstos, y constatar mediante pruebas de laboratorio, que el sustrato no excede la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helminto, especificados en el Apéndice 1 y 4.

b) Almacenar y tratar los fertilizantes orgánicos en lugares alejados a las áreas de producción de frutas y hortalizas frescas y en condiciones que eviten la contaminación cruzada por escurrimiento o lixiviación.

También se especifican los límites máximos de metales pesados, como se puede ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Límite máximo de metales pesados, coliformes fecales y huevos de helminto en suelo.

| CONTAMINANTE | *Kg ha ⁻¹ |
|--------------|----------------------|
| Arsénico | 41 |
| Cadmio | 39 |
| Cromo | 3,000 |
| Cobre | 1,500 |
| Plomo | 300 |
| Mercurio | 17 |
| Níquel | 420 |
| Zinc | 2,800 |

*En base a peso seco

Fuente: PROY-NOM-005-ECOL-2000

| CONTAMINANTE | NMP/g DE SUELO SECO |
|--------------------|---------------------|
| COLIFORMES FECALES | MENOS DE 1000 |
| HUEVOS DE HELMINTO | MENOS DE 10 |

NMP: Numero mas probable

Fuente: PROY-NOM-ECOL-004-2000

Cuadro 3. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en estiércol, lodos residuales y otros fertilizantes orgánicos.

| CONTAMINANTE | LIMITE EN BASE SECA |
|---------------------|----------------------------|
| COLIFORMES FECALES | MENOS DE 1000 NMP*/g |
| SALMONELLA | MENOS DE 3 NMP/gr |
| HUEVOS DE HELMINTO | MENOS DE 10 HUEVOS/ gr |

*NMP=Número más probable

Fuente: PROY-NOM-ECOL-004-2000

Finalmente, es urgente crear un marco normativo para la productividad orgánica en nuestro país. Esta deberá ser acorde con los estándares internacionales, tomando en cuenta las normas básicas de la Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica (IFOAM), las Normas Internacionales de Producción e Industrialización Orgánica de la FAO (Directrices para los Alimentos Orgánicos), el Reglamento No. 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica de la Unión Europea y la Reglamentación de producción de Alimentos Orgánicos de los Estados Unidos, entre otras, a fin de que exista equivalencia con todos estos estándares. Por supuesto que este proceso debe estar regulado y debe involucrar a todos los actores en este proceso: instituciones públicas y privadas, productores, etc.

Además, todo organismo certificador deberá contar con el reconocimiento de la acreditación ISO-065, obligatorio para los organismos de certificación a nivel nacional.

BIBLIOGRAFIA

Comisión del CODEX Alimentarius 1997. Manual de procedimientos. Roma, Italia.

Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 1997.

Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre del 2000

Enkerlin E. C.; G. Cano; R. A. Garza; y E. Voguel. 1997. *Ciencia Ambiental y Desarrollo sostenible*. Ed. Thomson Editores. México, D.F.

FDA, USDA y CFSAN, 1999. *Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales*. Washington, D.C.

Gerard Kiely. 1999. *Ingeniería Ambiental*. Ed. Mc Graw Hill. España.

Gómez Cruz. M.A. Gómez Tovar, L., y Schwentesius Rindermann, R. 2002. *Agricultura Orgánica: Mercado internacional y propuesta para su desarrollo en México*. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM.

Henry J. Glynn; Gary W. Heinke. 1999. *Ingeniería Ambiental*. Ed. Prentice-Hall. México, D.F.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO/CCI/CTA). 2001. *Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas*. Roma, Italia.

Programa de Asistencia Técnica, Bancomext. Periférico Sur 4333, Col. Jardines en la Montaña, 14210, México, D.F.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Schmidt, Hanspeter. 1995. *Certification in organic agriculture and quality insurance*. In *Proceedings from the International IFOAM Conference on Trade in Organic Products*. IFOAM, Tholey-Theley, Germany.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. *Normas*. México. D.F.

USDA/FAS. *Organic Perspectives Newsletter*. <http://www.fas.usda.gov/>

Varios Autores. 2001. *Agricultura Orgánica de México. Datos Básicos*. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera / Universidad Autónoma Chapingo-SAGARPA. Segunda Edición en Español. México.

CAPÍTULO XI

ALGAS MARINAS Y LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA LOGRAR UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL SUELO Y EL AGUA.

Dr. Juan Munguía Lopez¹, Dr. Maria Rosario Quezada Martín¹, Dr. Luis Ibarra J¹, Dr. Felipe Hernández Castillo¹, Dr. Juanita Flores Velazquez¹, Dr. Benito Canales Lopez¹

¹Departamento de Agroplásticos, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo Coahuila, México. Blvd. Enrique Reyna 140. Apartado Postal 379, Saltillo, Coahuila. ²Palau Bioquím. Ramos Arizpe 601 altos Saltillo, Coahuila, Tel 844 4 12 8n 82

munguia@polimex.ciqa.mx

INTRODUCCION.

El uso mundial de los fertilizantes principalmente los nitrogenados han ido en constante aumento en los últimos años, los productores han tenido que incrementar las dosis para obtener los mismos rendimientos que tenían hace 10 años (SAGAR 2000). En el estado de Coahuila el rendimiento promedio de trigo es de 2.6 ton/ha bajo riego, dándose una baja rentabilidad. La labranza de conservación es un sistema de producción ampliamente probado para mejorar las propiedades del suelo reduciendo la erosión hídrica y eólica, mantiene el contenido de humedad en el suelo e incrementa el contenido de materia orgánica. El objetivo fue incrementar la eficiencia en el uso del agua con derivados de algas marinas y labranza de conservación.

La producción de granos en el país es cada día menor debido a los altos costos de los insumos y al bajo precio del grano en general, en la producción de maíz en nuestro país la demanda va en aumento no así la disponibilidad del grano ya que los rendimientos promedio están muy por debajo de la demanda, debido a esto se han tenido que importar grandes

volúmenes de grano, aunado está a la escasa disponibilidad de los recursos hidráulicos de las grandes zonas productoras y a la poca tecnología de producción en las zonas donde hay suficiente agua, se hace patente la adopción de nuevas tecnologías que den como resultado incremento en la producción y ahorros del agua de riego para aumentar eficientemente los recursos (Moya 1998).

En todos los ámbitos del conocimiento y el accionar humano como la economía, las comunicaciones, la ecología, la administración e incluso las religiones, el retorno al origen es un hecho que salta a la vista.

Con sus trabajos de investigación Fulkner 1974 demostró que la erosión, de los suelos y la reducción en rendimientos son el resultado de prácticas inadecuadas del uso del suelo por parte de los agricultores. Desafió el adelanto tecnológico de su época de cómo producir alimentos, manifestando que el arado es y ha sido el principal enemigo de los cultivos. Aseguro que al dejar los residuos de los cultivos anteriores en la superficie del suelo, en lugar de enviarlos al fondo del perfil del suelo invertido por el arado y por efectos del interperismo se producirá la materia orgánica necesaria para el próximo cultivo. Por mas de un siglo tanto científicos como agricultores han aceptado el uso del arado, sin ninguna reserva, en la producción agrícola a escala mundial.

La adopción de arado ha sido aceptada sin discriminación en todos los tipos de suelos, climas. Las guías técnicas o paquetes tecnológicos recomendados por instituciones de investigación, enseñanza o difusión prestan el barbecho y rastreo como la única opción de preparación del suelo antes de la siembra. En México se ha intentado aplicar la labranza de conservación, sin embargo los resultados no han sido muy halagadores, pues la superficie con labranza de conservación no supera las 5 mil hectáreas, la cual es mínima comparada con la de otros países latinoamericanos como Brasil, que en los últimos años ha implementado programas de difusión de labranza de conservación en siete millones de hectáreas (Claverán 2000).

Gómez (1992). Menciona que la función importante de los residuos de las cosechas es aumentar el contenido de materia orgánica, proporcionar al mismo tiempo, la estabilidad de los agregados del suelo, otra ventaja de la cobertura con residuos de cosechas es mantener una temperatura mas uniforme en el perfil superior del suelo, ya que el rastreo actúa como un

regulador, al abatir la temperatura máxima y aumentar la temperatura mínima por la noche, además se reduce en gran medida las cantidades de escurrimiento dado que se incrementa la cobertura vegetal y los residuos de cosechas incrementando la velocidad de infiltración en los suelos.

La labranza de conservación es una alternativa para reducir la erosión de los suelos, esto es gracias a que el suelo cuenta con una barrera protectora y se evita la pulverización de los agregados del suelo disminuyendo la facilidad de pérdida por efecto del viento y agua.

(Salazar *et al.* 1992) Los sistemas de labranza afectan las transformaciones del nitrógeno como mineralización del N orgánico, desnitrificación, etc. La labranza de mulch y la labranza cero, son dos sistemas de labranza muy comunes en los cultivos de trigo y sorgo son cultivos en rotación con periodos de descanso en la región; utilizando ambos sistemas de labranza. Menciona que la mineralización del N orgánico fue dependiente de la temperatura humedad y aeración del suelo de tal manera que la mineralización fue mas alta y estadísticamente significativa en la mayoría de los casos en labranza con acolchado que en labranza de conservación. Con respecto a la desnitrificación se encontró lo opuesto ya que la actividad enzimática se manifestó.

Las condiciones físicas de un suelo son de gran importancia para el desarrollo de las plantas por lo que es de interés conocerlas o cuantificarlas así como el efecto de las diferentes practicas de manejo. Dentro de los indicadores de las propiedades físicas del suelo, el esfuerzo o su dureza a la penetración es uno de ellos y se puede utilizar como indicador de las propiedades mecánicas del mismo y se relaciona con el desarrollo radical de los cultivos, dado que cualesquier cambio en la dureza ó en la humedad suelen cambiar el patrón de crecimiento de la raíz del cultivo.

Es de sobra conocido la importancia de las condiciones físicas del suelo para el desarrollo radical, por lo que es necesario conocer ó estudiar las condiciones físicas del suelo donde se desarrollan los cultivos con la finalidad de entender el comportamiento de la raíz a diferentes ambientes de suelo. El esfuerzo de un suelo o impedimento mecánico a ser penetrado, es un buen parámetro físico para evaluar las propiedades físicas del mismo con relación al crecimiento y funcionamiento de las raíces (Faz 1998)

Al compactarse un suelo reduce su espacio poroso, especialmente el formado por poros de gran tamaño, esto incrementa el impedimento mecánico que se opone al crecimiento radical, al intercambio gaseosos entre suelo y atmósfera, además cambia la característica de humedad del suelo. Todos estos efectos modifican el crecimiento de raíz, el cual es difícil de evaluar en condiciones directas. Scott (1977).

En experimento de laboratorio se ha observado que aplicar una presión externa a un sistema radical, se reduce su crecimiento en un 50 % a una presión de 20 Kpa y al incrementar la presión de 50 Kpa se redujo hasta un 89 %, incrementos mayores no afectan significativamente la elongación de la raíz. Scott (1977). Demostró también que bajo condiciones controladas de laboratorio, pero simulando condiciones de compactación de diferentes tipos de suelos se observó que la penetración de las raíces se redujo de un 40 a un 20 % al pasar de un esfuerzo de 1000 a 2000 Kpa. Scott 1977.

El efecto de la rodada de un tractor sobre un suelo de cultivo es muy marcada, cuando el tractor pasa por primera vez sobre un suelo que fue roturado por subsuelo, barbecho y rastra, los valores de esfuerzo del suelo cambian hasta 45 cm de profundidad, para el segundo paso del tractor el cambio se registra solamente en los 15 cm de profundidad, otro efecto es el nivel original del suelo después de que este es aflojado por la labranza mencionada el paso del tractor bajó el nivel 10 y 15 cm esto significa que la misma masa de suelo se redujo su volumen por efecto de la compactación, el grado de esta reducción en el volumen depende del tipo de suelo Huyssteen (1963).

La compactación se incrementa drásticamente cuando disminuye el contenido de humedad por lo que se deben mantener condiciones adecuadas de humedad durante los periodos de crecimiento activo de las raíces otro factor que incrementa la compactación es el contenido de arcilla Huyssteen (1983), Ungler (1994).

Generalmente la compactación del suelo se considera detrimental para el crecimiento de las raíces de los cultivos, sin embargo, normalmente no todas las partes de un sistema radical están expuestas al mismo grado de compactación bajo condiciones de campo y el efecto compensatorio de la parte impedida de la raíz, puede resultar solamente en una distribución modificada y no la longitud total Ungler (1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica.

El presente trabajo de investigación experimental se llevó a cabo durante los años 1999 a 2001 en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación de Química Aplicada (C.I.Q.A), ubicado al Norte de la Ciudad de Saltillo, Coahuila; con coordenadas geográficas de 25° 27' de Latitud Norte, 101° 02' de Longitud Oeste y a una altitud de 1610 m.

Características Del Sitio Experimental.

Clima.

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen y modificada por García (1973), el clima de Saltillo corresponde a un estepario, con formula climática de Bsok (x') (e')

Donde:

Bso : es el mas seco de los Bs.

Templado con verano cálido, temperatura anual de 12 a 18° C y el más caluroso de 18°C.

(X'): régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e') : extremoso con oscilaciones entre 7°C y 14°C.

En general la temperatura y precipitación pluvial media anual son de 18°C y 365 mm respectivamente. Los meses más lluviosos son de julio a septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de julio.

La evaporación promedio mensual anual es de 178 mm, donde las mas altas son en los meses de Mayo y Junio con 236 y 234 mm respectivamente

Suelo.

El origen del suelo del sitio experimental es aluvial y con una textura arcillo – limoso, medianamente ricos en materia orgánica (Munguía, 1985), y corresponde a un Solonchak de acuerdo a la clasificación FAO – UNESCO.

Agua de Riego.

El agua de riego se puede clasificar como “aceptable” para uso agrícola dado que clasificación que se tiene C₂S₁ permite su uso. Basándose también en los trabajos realizados sobre su conductividad eléctrica esta por debajo del nivel critico

Material Vegetativo

Para el presente trabajo experimental el material vegetativo utilizado fue semilla de trigo variedad “ZAR – 98 – 99” proporcionado por el Depto. De Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El material vegetativo para maíz utilizado fue la variedad “jaguar” de la casa comercial, ASGROW, con un 95% de germinación, tamaño medio largo, producida en Sinaloa, el marco de plantación fue de 20 cm entre plantas y 80 cm entre surcos para obtener una población de 62500 plantas / ha.

Diseño Experimental.

El diseño experimental utilizado fue un Bloques al azar con cuatro repeticiones, los factores de estudio fueron, Factor A de labranza de conservación con dos niveles y Factor B aplicaciones de derivados de algas marinas con siete niveles de estudio, y 4 repeticiones dando un total de 56 unidades experimentales

Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = A + B_i + C_j + E_{ij}.$$

Donde:

A : efecto verdadero de la media general.

B_i : efecto del i-esimo del tratamiento.

C_j: efecto verdadero de j-esimo de repetición.

E_{ij}: efecto verdadero del error experimental.

FACTOR A: Labranza de Conservación (con dos niveles)

FACTOR B: Aplicación de derivados de algas marinas del producto Algaenzims®

La combinación de ambos factores dio como resultado 14 tratamientos:

a₁b₁ = Labrado + sin aplicación de Algaenzims® + 100 % de fertilización.

a₁b₂ = Labrado + Algaenzims® 1L/ha vía foliar + 75 % de fertilización.

a₁b₃ = Labrado + Algaenzims® 1L/ha al suelo + 75 % de fertilización.

a₁b₄ = Labrado + Algaenzims® 1L/ha foliar y 1 L/ha al suelo + 75% de fertilización.

a₁b₅ = Labrado + Polvo coloidal adherido a la semilla (1Kg/ha)+ 75% de fertilización.

a₁b₆ = Labrado + Polvo coloidal foliar (0.5 Kg./ha); + 75% fertilización.

a₁b₇ = Labrado + Bagazo de algas adherido a la semilla (0.5 Kg./ha), + 75 % fertilización.

a₂b₁ Sin labrar + sin aplicación de Algaenzims® + 100 % de fertilización.

a₂b₂ Sin labrar + Algaenzims® 1L/ha vía foliar + 75 % de fertilización.

a₂b₃ Sin labrar + Algaenzims® 1L/ha al suelo + 75 % de fertilización.

a₂b₄ Sin labrar + Algaenzims® 1L/ha foliar y 1 L/ha al suelo + 75% de fertilización.

a₂b₅ Sin labrar + Polvo coloidal adherido a la semilla (1Kg/ha)+ 75% de fertilización.

a₂b₆ Sin labrar +Polvo coloidal foliar (0.5 Kg./ha); + 75% fertilización.

a₂b₇ Sin labrar + Bagazo de algas adherido a la semilla (0.5 Kg./ha), + 75 % fertilización.

Superficie de la Parcela Experimental.

La superficie donde se estableció el experimento fue de 735.168 m² cada parcela experimental consistió de 13.128 m² y fue de 5.47 m de largo y 2.4 m de ancho dando una superficie de 13.128 m²

Material y Equipo Para el Desarrollo del Trabajo

| Equipo | Material | Sustancias |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Una balanza | Una cinta métrica | Polvo coloidal de algas |
| Una estufa p/ secar. | 28 tubos de aluminio | Fertilizantes |
| Un dispersor de neutrones | Azadones | Derivados de algas marinas |
| Medidor de área foliar. | Semilla | Insecticidas |
| Datalogger 23X | Una regla graduada | Funguicidas |
| Sensores de humedad | Un mazo | |
| TDR | | |
| Tensiómetros | 50m de manguera para regar | |
| | Botes de aluminio | |

Tamaño de la Parcela Experimental

La superficie donde se estableció el experimento fue de 735.168 m² cada parcela experimental consistió de 13.128 m² y fue de 5.47 m de largo y 2.4 m de ancho dando una superficie de 13.12 m².

Trabajos de Campo

Muestreo de Suelos.

Se hizo un muestreo en cada tratamiento a profundidades de 00-30 y 30-60, en las parcelas labranza convencional y labranza de conservación. Posteriormente fue analizado y

obtenido de ellos datos que nos servirían para evaluar los efectos del producto algaenzimas en el suelo, fueron 2 muestreos uno al terminar el cultivo anterior que fue el trigo y otro muestreo al terminar el ciclo del maíz.

Medición de Humedad con el Dispersor de Neutrones.

Para hacer las lecturas de humedad se utilizó un dispersor de neutrones, primero se calibró el equipo, para ello se utilizó un cajete de 2*2 m, el cual se saturó para obtener valores de capacidad de campo y punto de marchites permanente, para obtener valores de contenido de humedad del suelo desde CC hasta PMP y relacionarlos con la relación de conteo, por medio de una regresión lineal simple. (Figura 1) Posteriormente se tomaron mediciones de relación de conteo para cada estrato 00-20, 20-40, 40-60, 60-80., En las parcelas previamente marcadas. Además se midió el contenido de humedad en el suelo con sensores de humedad TDR colocando una para cada uno de los tratamientos de las repeticiones 2 y 3 a una profundidad de 00 – 30 cm.

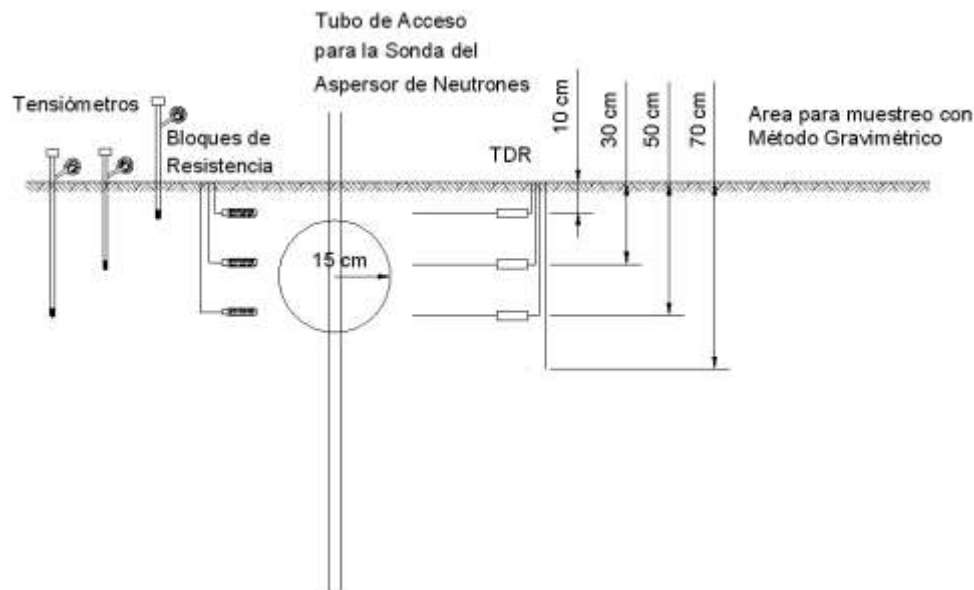


Fig. 1 Diagrama del cajete para calibrar el dispersor de neutrones y los sensores TDR.

Trabajo de Campo

Preparación del suelo

Esta se realizó durante la primer quincena del mes de Enero de 1999, llevándose a cabo solo en el nivel a₁, para lo cual se preparó bien terreno con un barbecho, rastra, se cruzó y

surcado a una profundidad aproximada de 25 cm, procurando que no quedaran terrones grandes en el suelo. Cabe mencionar que la paja del cultivo anterior que fue maíz el 50% de rastrojo se trituro y se distribuyo para los niveles a₂, Esto se realizo para los dos años igual.

Siembra

La siembra se efectuó como sigue de acuerdo a los años. Para el trigo fue el 7 de diciembre de 1999 y el 17 de enero de 2000 con una densidad 140 Kg/ha, para el maíz fue el 30 de agosto del 2000 y el 15 de Julio del 2001, la siembra se realizo en surco en caso del nivel a₁ labrado y en plano para el caso del nivel a₂ no labrado, ya que se utilizo un cincel para rayar y poder depositar la semilla en la zanja que se hizo con el cincel.

Fertilización

Se utilizó la formula total de 120 – 80 – 00, para el trigo La fertilización se fracciono, llevándose a cabo una fertilización de fondo (60 – 80 – 00 de NPK), tomando como fuentes el Fosfato monoamonico (11 – 52 – 00) y el Nitrato de Amonio (30.5 – 00 – 00) esta formula de fertilización fue para los 2 años, la aplicación se realizo manualmente en franjas o hileras a una distancia del tallo de la planta de 5 cm y se hizo igual para los años.

Se utilizó la formula total de 140 60 00, para el maíz La fertilización nitrogenada se fracciono, llevándose a cabo una fertilización de fondo con el 50 % de N y el 100 % de P, tomando como fuentes el Fosfato monoamonico (11 – 52 – 00) y el Nitrato de Amonio (30.5 – 00 – 00) la aplicación se realizo manualmente en franjas o hileras a una distancia del tallo de la planta de 5 cm y se hizo igual para los 2 años.

Aplicación de Fertilizante Para los Niveles.

Como condición para todos los tratamientos que se aplico derivados de algas marinas se redujo un 25 % la formula de fertilización, esta condición se trabajo conjuntamente con el usuario del proyecto (PALAUBIOQUIM), con la finalidad de no incrementar los costos de producción.

- b₁ esta formula es el 100% de la fertilización, los Niveles b₂, b₃, b₄, b₅, b₆, b₇. Con esta formula fue el 75% de fertilización.

Aplicación de Algaenzims a Los Niveles.

- b₂ Se aplico el Algaenzims al follaje a razón de 1L/ha a al momento del amacollamiento para el trigo,. y cuando el maíz cuando alcanzo la altura de 30 cms.
- b₃ Se aplico el Algaenzims al suelo a razón de 1L/ha 15 días después de la emergencia siempre con una aspersora
- b₄ La aplicación foliar de Algaenzims se realizo al momento del amacollamiento y la aplicación al suelo a razón de 1L/ha para cada aplicación. Para el maíz cuando alcanzo la altura de 30 cms.
- b₅ El polvo se aplico a la semilla correspondiente para cada parcela antes de sembrar a razón de 1 Kg/ha de polvo coloidal adherido a la semilla de trigo, y maíz
- b₆ Se aplico el polvo coloidal foliar al momento del amacollamiento para el trigo,. y cuando el maíz cuando alcanzo la altura de 30 cms.
- b₇ La aplicación de bagazo de algas a la semilla se realizo antes de la siembra aplicando 5Kg /Ha a la semilla correspondiente de cada parcela y ciclo de relevo de trigo-maíz..

Riegos.

Para el primer ciclo de cultivos en relevos se utilizo laminas de riego preestablecidas con una frecuencia de riegos de cada 15 días, de tal manera que se aplico la misma cantidad de agua por riego (1m³) para las parcelas con labranza de conservación y las parcelas con labranza tradicional. Para el segundo ciclo de cultivos en relevo se ajusto los volúmenes de riego de acuerdo a los resultados de contenido de humedad obtenido, de tal manera que para el segundo ciclo de riego cada 15 días con un volumen de 1m³ para el nivel a₁, y 0.8 m³ para el nivel a₂, con estos volúmenes y el área experimental se obtuvo la lamina de riego aplicada que fue de 7.6cm para el nivel a₁ y para el nivel a₂ fue de 6.0cm por riego.

Para el control del agua de riego se instalo un medidor volumétrico a la entrada del experimento y checar los volúmenes exactos de cada parcela, además se instalaron tubos de aluminio para el dispersor de neutrones por lo se realizaban mediciones del contenido de humedad antes y después de cada riego, adicionalmente se realizaron mediciones de humedad en el suelo con sensores TDR conectados a un datalogger 23 X , en esta parte de comparación de métodos para determinar la humedad del suelo se realiza una tesis de licenciatura.

Control de Malas hierbas, Plagas, y Enfermedades.

Esta labor se desarrolla durante el ciclo vegetativo del cultivo en toda el área experimental, utilizando azadón, esto con la finalidad de evitar la competencia de nutrimentos y posible infestación de plagas y enfermedades en el cultivo. En cuanto a plagas se presenta él (pulgón) al final de la madurez fisiológica del cultivo, la cual se controló con una aplicación de Metamidofos 600 1 a 1.5 L/ha. En cuanto a Enfermedades se presentó la (roya amarilla) del trigo ya que se combatió a tiempo para que no causara daños, con un producto, Bayleton 0.5 Kg/ha.

Rendimiento Cosecha.

Las cosechas se realizaron de acuerdo a las fechas de los años como sigue: 8 de Mayo del 2000. y 2 año 24 de Mayo 2001. Se cosecho una muestra de un metro cuadrado por cada tratamiento en las cuatro repeticiones. Esta actividad se desarrollo para cada parcela, y posteriormente se trillo (trilladora estacionaria Pullman).

Después de hacer la trilla, se obtuvo el rendimiento del grano por tratamiento, estas muestras fueron colocadas en bolsas para registrar el peso en gramos por tratamiento y repetición, luego se checo la humedad para todas las muestras y así poder estimar el rendimiento en toneladas por hectárea.

Para la evaluación de esta variable, se empleo el siguiente procedimiento una vez alcanzado la madurez fisiológica las mazorcas fueron cortadas, estas fueron tomadas del surco central esto con el fin de evitar el efecto de orilla, de esta manera el área útil de la parcela fue de 5.47m*0.8 m, de un solo surco posterior a eso y una vez obtenido el rendimiento en esa área se extrapolo a una hectárea y así obtuvimos el rendimiento total.

Variables Físicas.

- Velocidad de infiltración
- Compactación

Se realizaron mediciones de la velocidad de infiltración por el método de los cilindros infiltrometros al final y al inicio de cada ciclo de relevo, para los tratamientos donde se encontró mayor efecto de los derivados de algas marinas.

Para realizar las evaluaciones de compactación del suelo se utilizó un penetrometro marca modelo, con este equipo se evaluaron todos los tratamientos chequeando que el contenido de humedad fuera el mismo en todos los tratamientos evaluados, se evaluaron los estratos 0-3, 3-6, 6-9, 9-12 pulgadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Compactación de suelo

Datos de compactación del suelo medidos con un penetrometro en los cuatro estratos del suelo para condiciones de acolchado de suelos y aplicación de derivados de algas marinas se presenta a continuación. El valor más alto de compactación del suelo se presentó para el tratamiento labranza convencional sin aplicación de derivados de algas marinas en el estrato de 9-12 pulgadas, esto confirma que existe un piso de arado conforme se trabajó el suelo por varios años, lo conforma una capa que limita el desarrollo radicular de los cultivos, el valor fue de 271.8 Kpa. El valor más bajo de compactación se presenta el tratamiento de labranza de conservación con acolchado de suelos y aplicación de derivados de algas marinas al suelo a razón de 1 l/ha y en el estrato 0-3 pulgadas con un valor de 128.9 Kpa, este dato demuestra los beneficios de las coberturas vegetales sobre la compactación del suelo adicionado con la aplicación de derivados de algas marinas con lo cual se pueden obtener condiciones favorables para un buen desarrollo radicular de los cultivos.

El promedio general comparando los dos sistemas de labranza se encontró que la labranza de conservación con acolchado orgánico presentó un valor promedio de 163.5 Kpa en comparación con la labranza tradicional que presentó un valor de 195.3 los que representan una disminución en la compactación a favor de la labranza de conservación con acolchado orgánico de un 16.4 %.

Si comparamos el factor de estudios aplicación de derivados de algas marinas con respecto a los tratamientos que no se les aplicó derivados de algas marinas tenemos un efecto favorable a los tratamientos con aplicación de derivados de algas marinas en labranza convencional y labranza con acolchado orgánico con una reducción de la compactación de un 20 % y un 5.1 % respectivamente.

Si consideramos el promedio general de todos los tratamientos que se aplicó derivados de algas marinas y el promedio de los que no se les aplicó derivados de algas marinas se

encontró una disminución en la compactación a favor de la aplicación de derivados de algas marinas de un 13.6 %. (Cuadro 1)

Cuadro 1.- Datos de compactación del suelo después de año y medio de aplicación e derivados de algas marinas al suelo.

| Derivados de Algas Marinas | Profundidad en pulgadas | Labrado Kpa | No Labrado Kpa | Diferencia |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Testigo | 3 | 206.25 | 140.625 | 65.625 |
| | 6 | 221.875 | 162.5 | 59.375 |
| | 9 | 246.875 | 190.625 | 56.25 |
| | 12 | 271.875 | 190.625 | 81.25 |
| | | | 236.71875 | 171.09375 |
| Foliar | 3 | 175 | 153.125 | 21.875 |
| | 6 | 181.25 | 162.5 | 18.75 |
| | 9 | 209.375 | 187.5 | 21.875 |
| | 12 | 231.25 | 184.375 | 46.875 |
| | | | 199.21875 | 171.875 |
| Suelo | 3 | 190.625 | 128.125 | 62.5 |
| | 6 | 156.25 | 143.75 | 12.5 |
| | 9 | 165.625 | 150 | 15.625 |
| | 12 | 181.25 | 137.5 | 43.75 |
| | | | 173.4375 | 139.84375 |
| foliar+suelo | 3 | 200 | 153.125 | 46.875 |
| | 6 | 221.875 | 165.625 | 56.25 |
| | 9 | 243.75 | 184.375 | 59.375 |
| | 12 | 271.875 | 193.75 | 78.125 |
| | | | 234.375 | 174.21875 |
| Semilla | 3 | 159.375 | 159.375 | 0 |
| | 6 | 159.375 | 175 | -15.625 |
| | 9 | 165.625 | 184.375 | -18.75 |
| | 12 | 146.875 | 162.5 | -15.625 |
| | | | 157.8125 | 170.3125 |
| Polvo foliar | 3 | 218.75 | 121.875 | 96.875 |
| | 6 | 171.875 | 162.5 | 9.375 |
| | 9 | 159.375 | 162.5 | -3.125 |
| | 12 | 225 | 156.25 | 68.75 |
| | | | 193.75 | 150.78125 |
| Bagazo semilla | 3 | 162.5 | 137.5 | 25 |
| | 6 | 156.25 | 171.875 | -15.625 |
| | 9 | 153.125 | 181.25 | -28.125 |
| | 12 | 215.625 | 175 | 40.625 |
| | | | 171.875 | 166.40625 |
| PROMEDIO GENERA | | 195.3125 | 163.504464 | 31.8080357 |
| TESTIGO | | 236.71 | 171.09 | 65.62 |
| PROMEDIO DE APLICACIÓN | | 188.41 | 162.23 | 26.18 |
| DIFERENCIA | | 48.3 | 8.86 | 39.44 |

PRUEBAS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.

Continuación se presenta las graficas de velocidad de infiltración obtenidas por el método de los cilindros infiltrómetros. Se realizaron dos evaluaciones de velocidad de infiltración. La primera al inicio del proyecto en Diciembre de 1999 para obtener las condiciones originales de velocidad de infiltración del sitio experimental, cabe hacer mención que en este mismo año 1999 se trabajo con derivados de algas marinas en el mismo sitio experimental por lo cual ya sé tenia un efecto sobre las propiedades físicas del suelo, pero en este año solo se enfoco la investigación en el incremento del rendimiento. De tal manera que se tienen datos de velocidad de infiltración al inicio del primer ciclo de relevos Trigo—Maíz y al final del ciclo para el año 2000 y para el año 2001.

Para realizar las pruebas de velocidad de infiltración se selecciono la parte central de cada parcela experimental y se evaluaron los tratamientos en los cuales los derivados de algas marinas se aplicaron directamente al suelo, (aplicación al suelo, aplicación al suelo y foliar y adherido a la semilla para las dos condiciones de labrado y no labrado) se realizaron dos repeticiones para cada tratamiento y se utilizaron los promedios para realizar el ajuste y obtener las ecuaciones para cada tratamiento.

Una de las bondades de mantener el suelo sin inversión del perfil es la conservación del estado de los agregados de las partículas. Al conservar la estructura del suelo, la densidad aparente y más específicamente la porosidad del suelo, permite mantener mejores condiciones para el movimiento del aire y agua y desarrollo de las raíces.

El barbecho destruye la porosidad, provocando un aumento en la densidad aparente y una reducción en la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Si se presentan resultados favorables es que sé esta dando la formación de agregados en el suelo por efecto de tratamientos resultando en una mayor porosidad del suelo, también por la porosidad producida por la fauna y raíces que no fueron destruidos por el barbecho y/o rastra. A continuación se presenta las graficas para cada uno de los tratamientos.

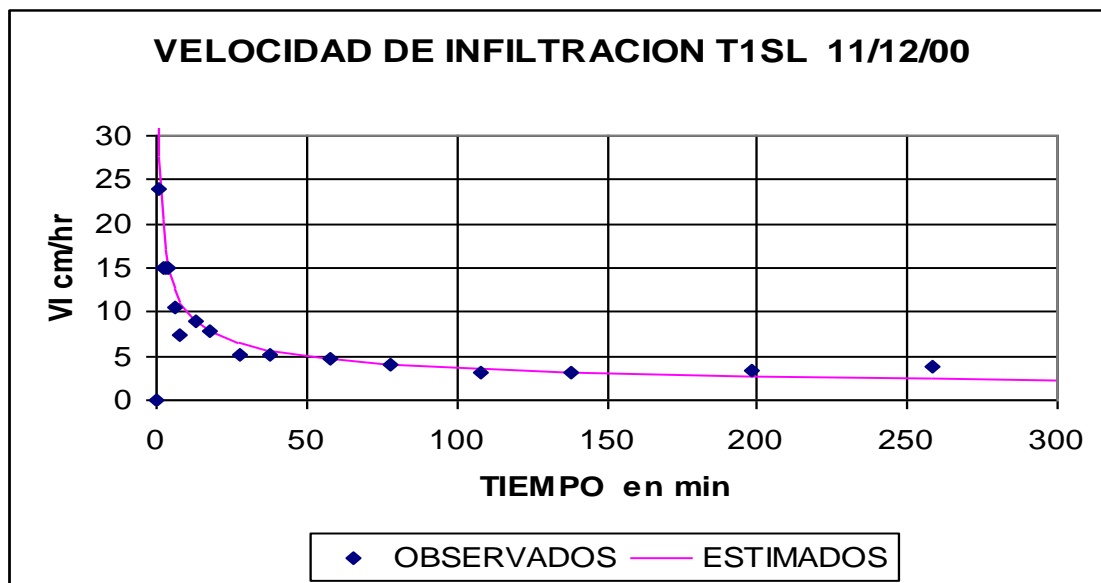
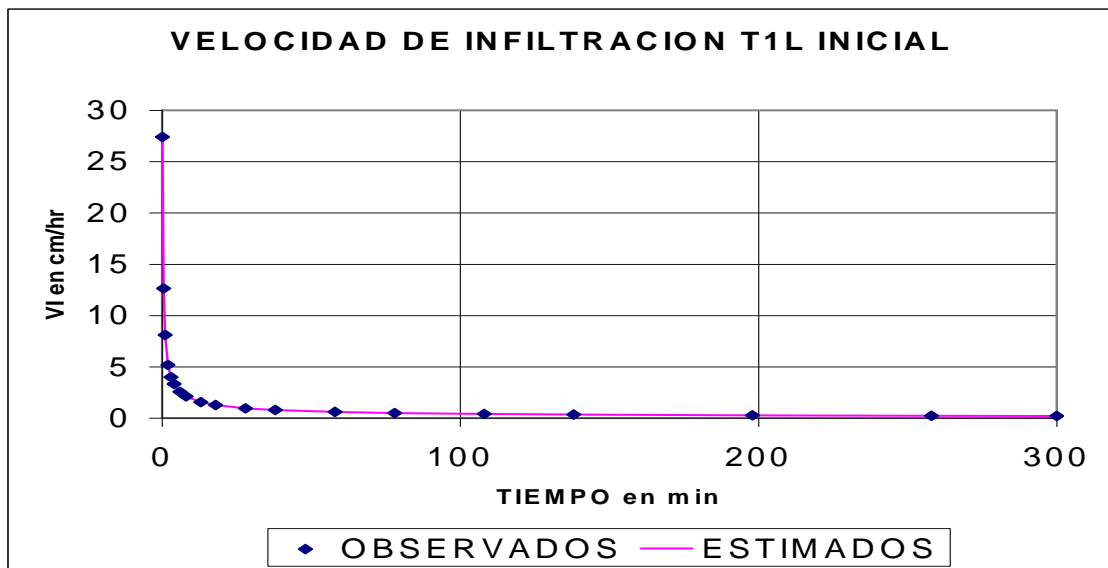


Figura 2 Velocidad de infiltración inicial para el tratamiento sin aplicación de derivados de algas marinas con (L) y sin labranza de conservación (SL)

En esta Figura 2 se puede observar las diferencias en velocidad de infiltración el tratamiento T1 es al que nos se aplico derivados de algas marinas, pero cabe hacer mención que la labranza de conservación se practico en el terreno experimenta el año de 1999, por lo cual se marco el efecto en la curva de velocidad de infiltración.

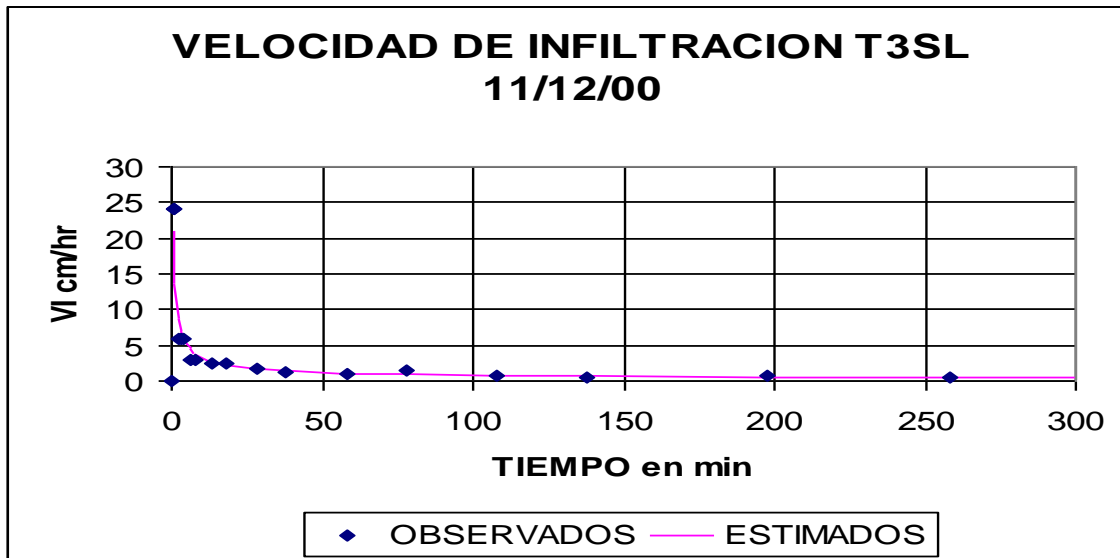
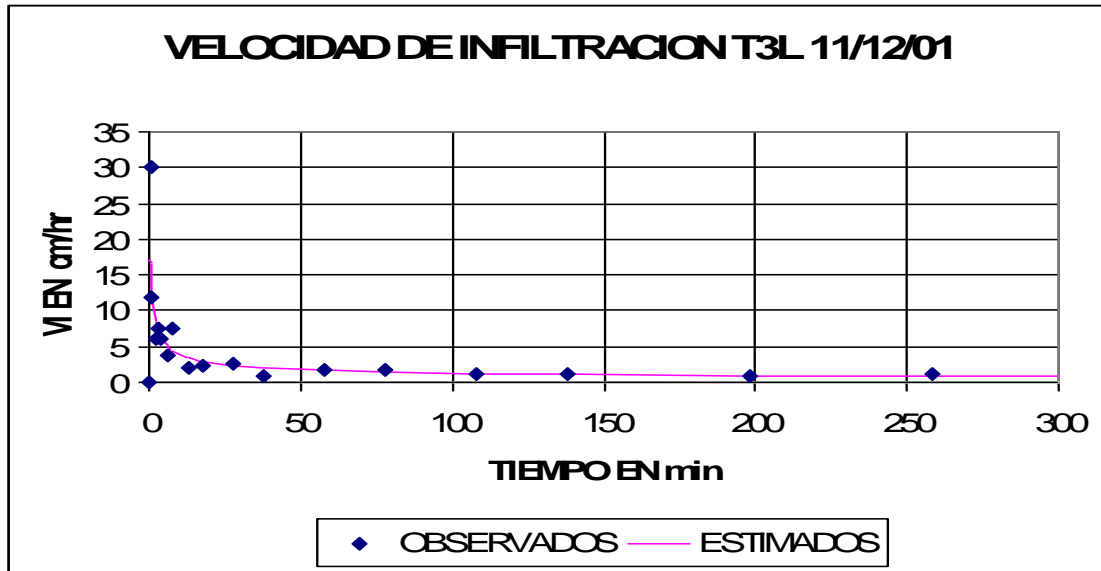


Figura 3 Velocidad de infiltración inicial para el tratamiento con aplicación de derivados de algas marinas al suelo con (L) y sin labranza de conservación (SL)

Para el tratamiento T3 que es aplicación de derivados de algas marinas al suelo a razón de 1L/ha no se observó efecto significativo en el incremento de la velocidad de infiltración incluso se observa efecto por labranza de conservación. (fig 3)

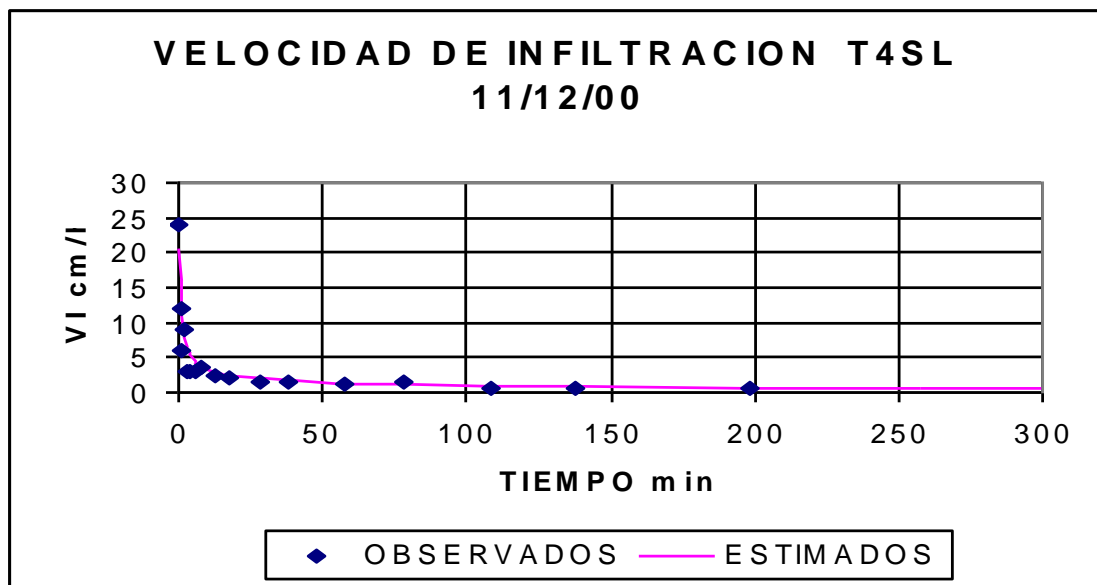
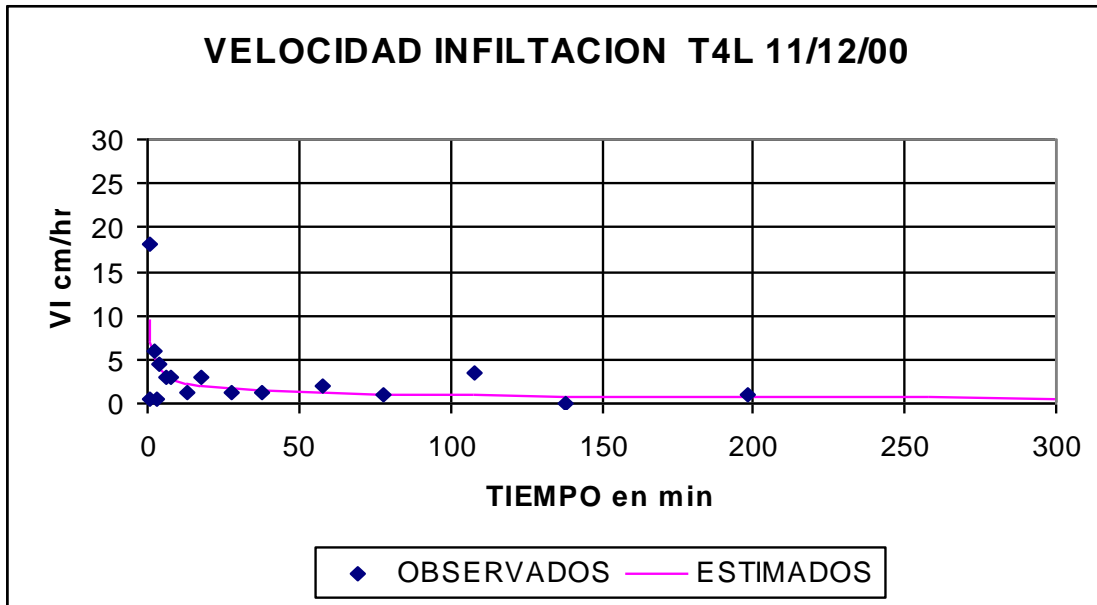


Figura 4 Velocidad de infiltración inicial para el tratamiento con aplicación de derivados de algas marinas al suelo y foliar con (L) y sin labranza de conservación (SL)

Después de un año de aplicación de derivados de algas marinas y dos años de labranza de conservación se empiezan a manifestar los tratamientos se observa valores mas altos de velocidad de infiltración para el tratamiento con labranza de conservación y si comparamos lo valores de este tratamiento que fue aplicación de derivados de algas marinas a razón de 1 litro al suelo y otro al follaje con los que no se aplico derivados de algas marinas o a las que solo se aplico al suelo presentan valores de velocidad de infiltración mas bajos.

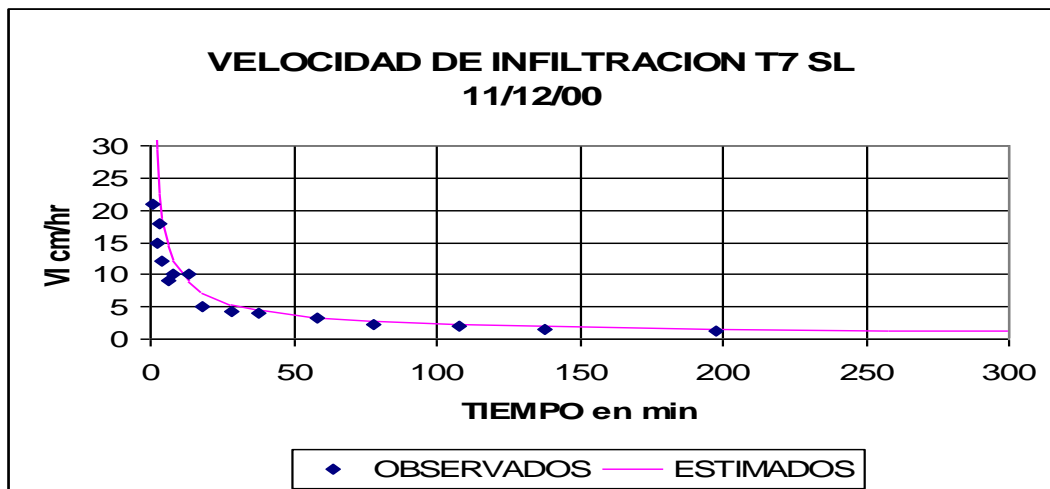
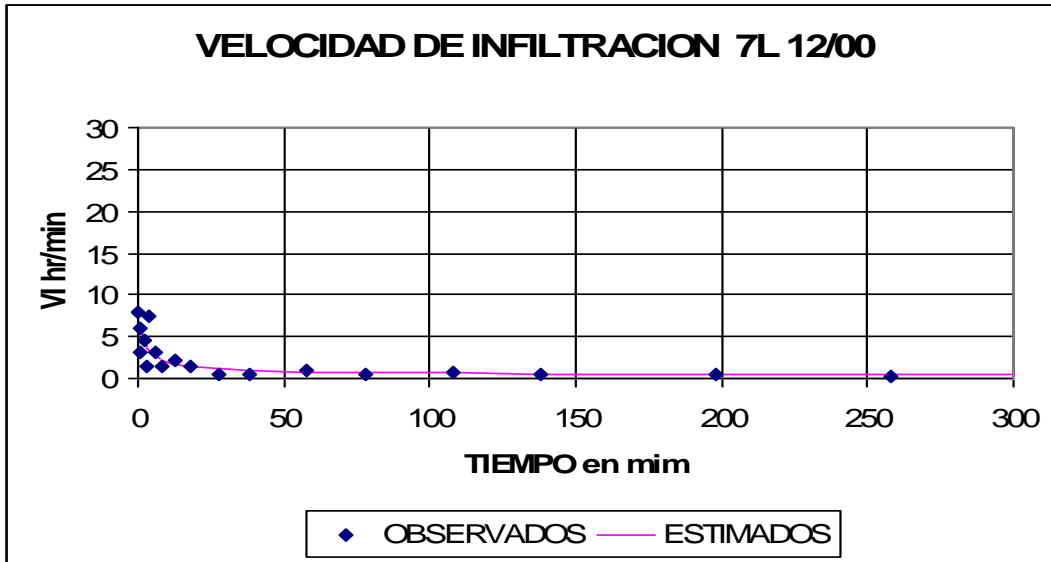


Figura 5.-Velocidad de infiltración inicial para el tratamiento con aplicación de bagazo de algas marinas adherido a la semilla con (L) y sin labranza de conservación (SL)

En el tratamiento 7 se observa más marcado el efecto de la labranza de conservación comparado con los otros dos tratamientos, cabe hacer mención que este tratamiento en el año 1999 se trabajó con bagazo de algas a una dosis de 500 Kg/ha.

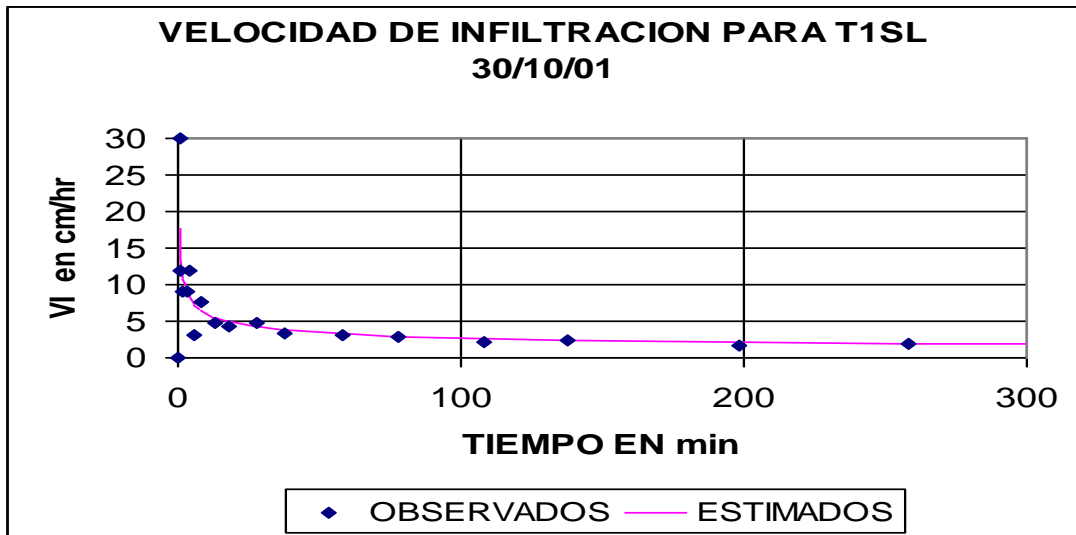
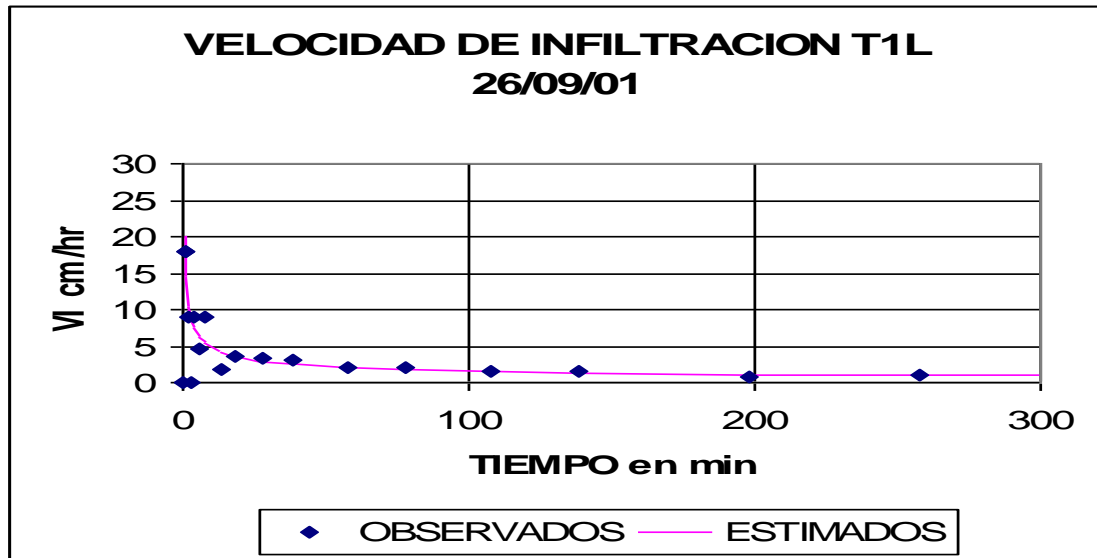


Figura 6.- Velocidad de infiltración para el tratamiento sin aplicación de derivados de algas marinas con (L) y sin labranza de conservación (SL) al termino del primer ciclo de relevo.

Al final del segundo ciclo de relevo se evaluó de nuevo la velocidad de infiltración de los tratamientos, para el tratamiento T1 se observa un incremento en la velocidad de infiltración para la condición de labranza de conservación lo cual nos indica que la formación de agregados se está dando en forma natural con la aplicación de los derivados de algas marinas.

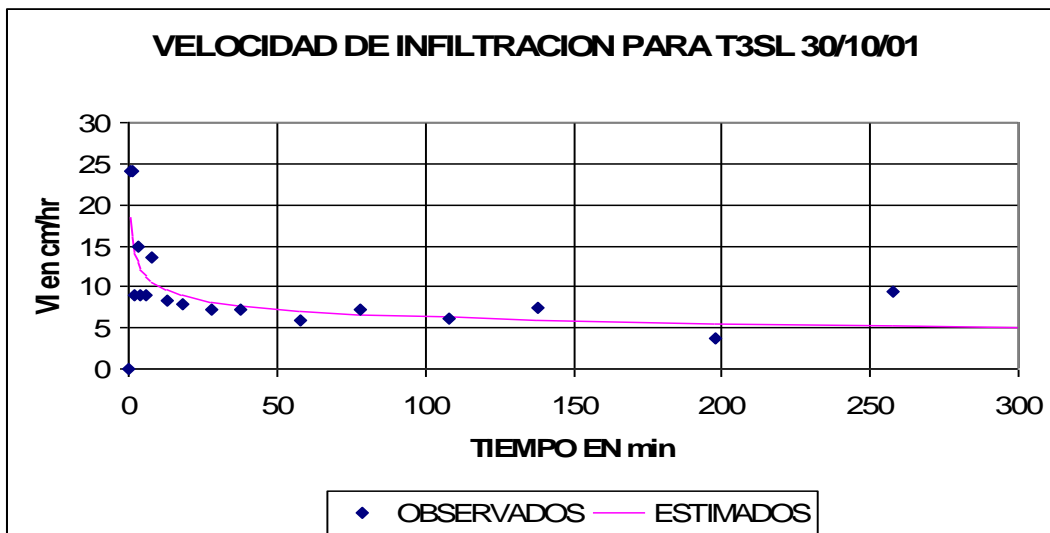
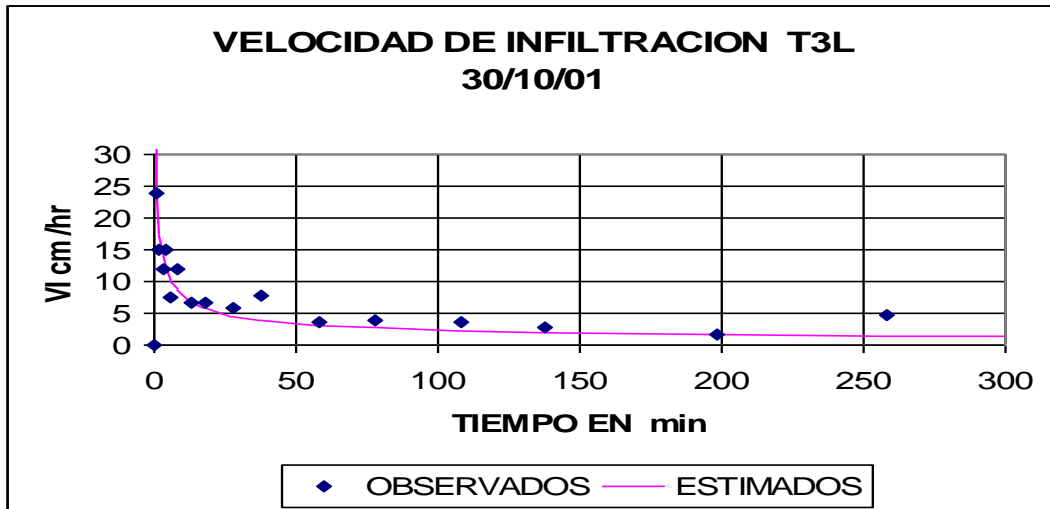


Figura 7.- Velocidad de infiltración para el tratamiento con aplicación de derivados de algas marinas al suelo con (L) y sin labranza de conservación (SL), al final del primer ciclo de relevos.

Como se puede observar para el tratamiento T3 se obtuvieron los valores más altos de velocidad de infiltración si comparamos estos valores con los valores iniciales se observa el beneficio de la labranza de conservación y la aplicación de derivados de algas marinas en la porosidad del suelo y la formación de agregados que redundan en un valor más alto de velocidad de infiltración.

Con estos datos se puede concluir que el efecto del arado es perjudicial para la formación de agregados en el suelo y las propiedades físicas del suelo se pueden conservar con la aplicación de derivados de algas marinas en este caso el tratamiento que mejores

resultados presento fue el T3 que es aplicación Algaenzim al suelo. Este tratamiento fue el que presento resultados favorables para Trigo y Maíz, con lo que se observa una correlación directa en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo y el incremento en el rendimiento y un mejor uso de los recursos naturales en la producción agrícola.

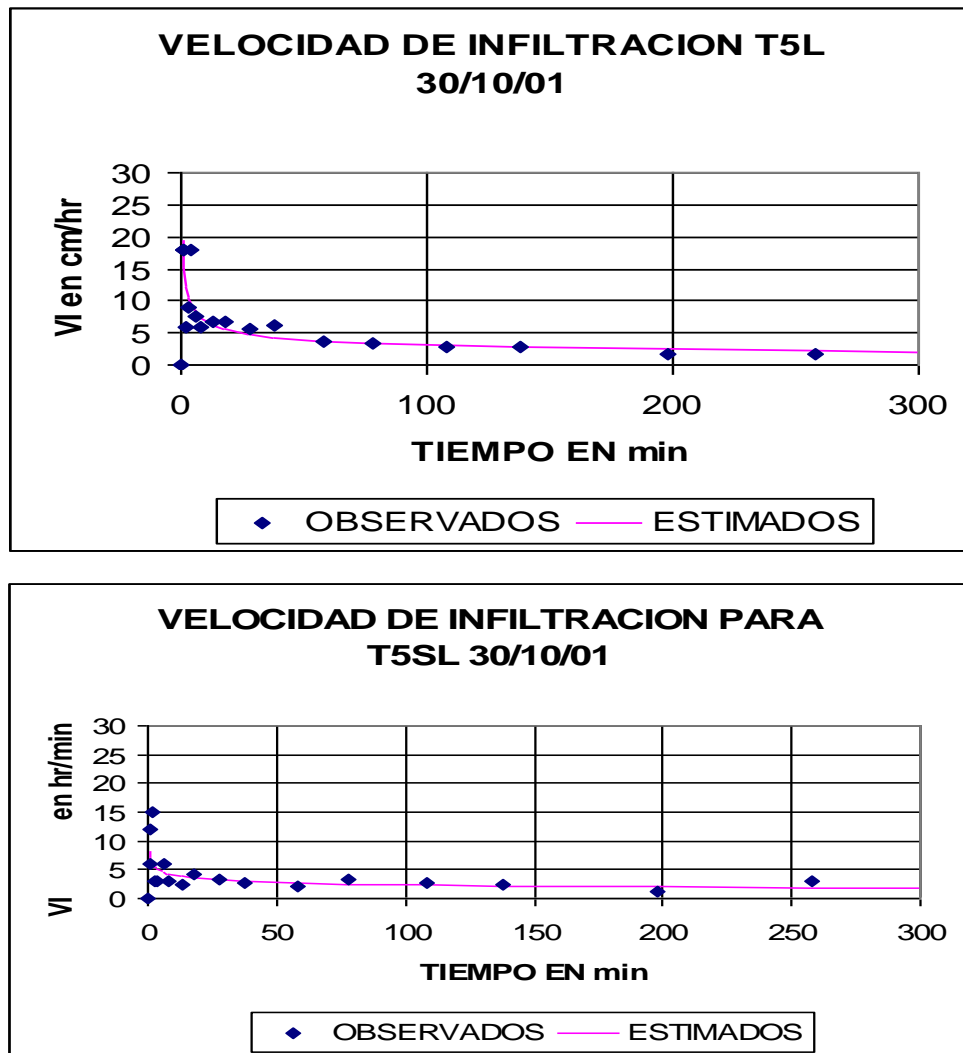


Figura 8. Velocidad de infiltración para el tratamiento con aplicación de polvo coloidal de algas marinas adherido a la semilla con (L) y sin labranza de conservación (SL), al final del primer ciclo de relevo.

El tratamiento 5 es el tratamiento que presenta los mejores resultados agronómicos y en cuanto a los valores de velocidad de infiltración presenta valores aceptables solo superado por el tratamiento T3 que es aplicación de derivados de algas marinas al suelo. Los valores de velocidad de infiltración básica son alrededor de 3 cm/hr.

Con estos resultados estamos demostrando que con la aplicación de derivados de algas marinas y labranza de conservación, podemos mejorar las condiciones físicas de un suelo agrícola sin necesidad del paso de maquinaria agrícola y estamos incrementando la capacidad de almacenar agua en el suelo, esto es evitando la pérdida de agua por escurrimiento y evaporación directa desde la superficie del suelo, además de que evitamos la pérdida de suelo por efecto de erosión hídrica.

CONSUMO DE AGUA POR LOS CULTIVOS .

Los resultados obtenidos demuestran que se puede disminuir la lamina de riego manteniendo el mismo rendimiento debido a que se obtiene una mayor eficiencia en el uso del agua cuando se utiliza labranza de conservación y aplicación de derivados de algas marinas al follaje (0.95) un 25 % mas que el que no se aplico derivados, también el consumo de agua se disminuye como se puede observar en la grafica los contenidos de humedad son mayores debido al acolchado orgánico que es una barrera que evita la pérdida de agua por evaporación directa desde la superficie del suelo. También se observo que el rendimiento no disminuyo a pesar de disminuir un 25 % la fertilización.

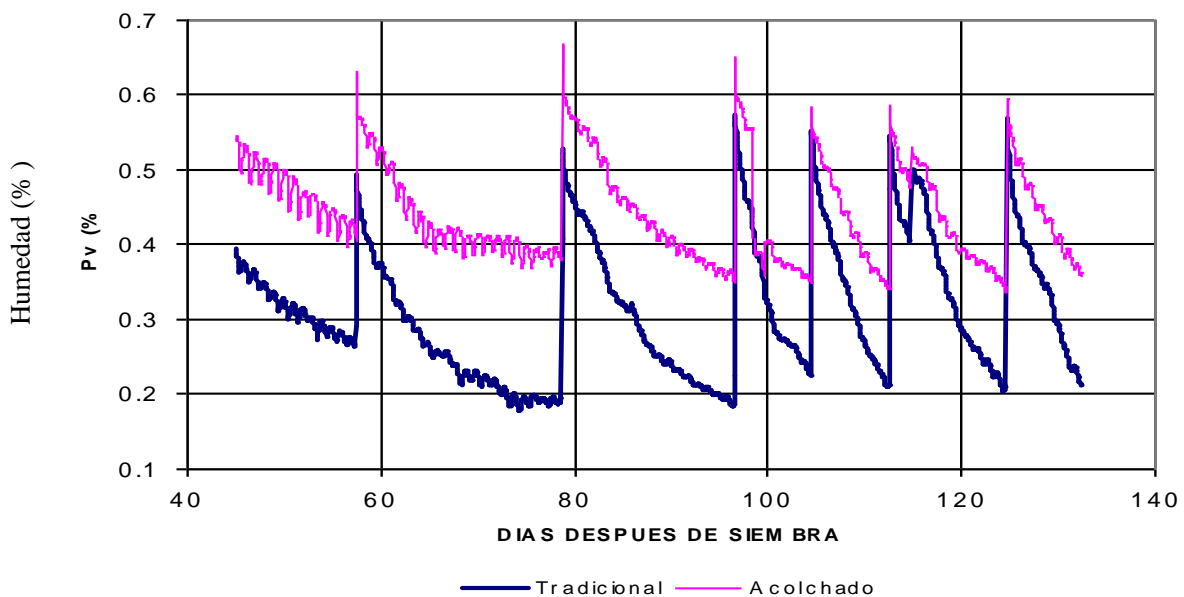


Figura 9.- Comportamiento del contenido de humedad para condiciones de labranza tradicional y labranza de conservación en el cultivo de trigo.

Cuadro 2.- Laminas consumida en el cultivo de trigo determinadas mediante el dispersor de neutrones

| DERIVADOS DE ALGAS MARINAS | LABRANZA CONVENCIONAL | | LABRANZA DE CONSERVACION | | AHORRO & INCREMENTO | |
|---|-----------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------|-------|
| | Lc | Rend. | Lc | Rend. | Lc | Rend |
| SIN APLICACIÓN DE ALGAEMZIN Y 100 % DE LA FERTILIZACION | 84.5 | 5.64 | 74.3 | 5.44 | 13 | -3.54 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIM FOLIAR 1 L/ha y 75 % DE FERTILIZACION | 83.0 | 5.70 | 66.1 | 6.18 | 21.0 | 8.42 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIN AL SUELO Y 75 % DE FERTILIZACION | 82.7 | 5.61 | 66.8 | 6.02 | 20 | 7.03 |
| APLICACIÓN DE POLVO COLOIDAL AL FOLLAJE A RAZÓN DE 0.5 Kg/ha Y 75 % DE FERTILIZACION. | 78.6 | 4.96 | 73.2 | 6.10 | 7 | 22.98 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIM FOLIAR + AL SUELO A RAZÓN DE 1L/ha Y 75 % DE FERTILIZACION | 78.2 | 5.23 | 73.8 | 5.84 | 6 | 11.66 |
| APLICACIÓN DE POLVO COLOIDAL A LA SEMILLA Y 75 % DE FERTILIZACION. | 73.3 | 5.28 | 69.5 | 6.64 | 6 | 25.75 |

Cuadro 3.- Laminas consumida en el cultivo de maíz determinadas mediante el dispersor de neutrones

| DERIVADOS DE ALGAS MARINAS | LABRANZA CONVENCIONAL | | LABRANZA DE CONSRVACION | | AHORRO & INCREMENTO | |
|---|-----------------------|------|-------------------------|------|---------------------|--------|
| | Lc | Rend | Lc | Rend | | |
| APLICACIÓN DE POLVO COLOIDAL AL FOLLAJE A RAZÓN DE 0.5 Kg/ha Y 75 % DE FERTILIZACION. | 54.8 | 7.3 | 53.3 | 6.50 | 2.73 | -10 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIM FOLIAR + AL SUELO A RAZÓN DE 1L/ha Y 75 % DE FERTILIZACION | 58.5 | 6.5 | 55.8 | 7.6 | 4.61 | 16.9 |
| APLICACIÓN DE POLVO COLOIDAL A LA SEMILLA Y 75 % DE FERTILIZACION. | 60.0 | 7.4 | 54.8 | 5.8 | 8.67 | -21.6 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIM FOLIAR 1 L/ha y 75 % DE FERTILIZACION | 64.5 | 7.3 | 46.51 | 6.51 | 27.89 | 10.82 |
| APLICACIÓN DE ALGAEMZIN AL SUELO Y 75 % DE FERTILIZACION | 65.3 | 6.6 | 51.70 | 7.6 | 20.82 | 15.15 |
| SIN APLICACIÓN DE ALGAEMZIN Y 100 % DE LA FERTILIZACION | 70.0 | 7.97 | 50.90 | 6.5 | 27.28 | -18.44 |

RENDIMIENTO DE TRIGO

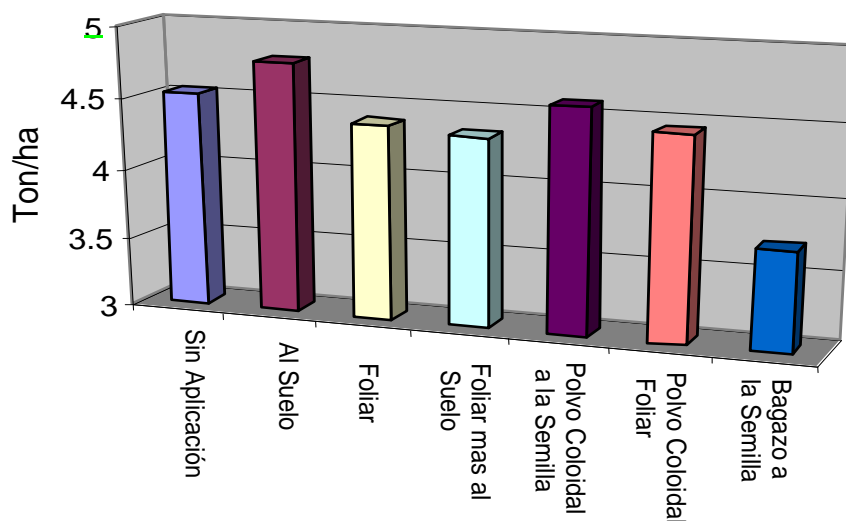
Para esta variable se realizó el ANOVA, combinando los 2 años encontrando diferencia estadística altamente significativa para años, repeticiones por años, la labranza, además para aplicaciones de algaenzims se encontró diferencia estadística significativa y para años por labranza, años por aplicaciones de algaenzims, labranza por aplicaciones de algaenzims, y años por labranza por aplicaciones de algaenzims, no se encontró diferencia estadística significativa.

En cuanto a los años como se encontró diferencia estadística altamente significativa, se realizó la prueba de medias D.M.S. encontrando que el mejor año fue el primero y el que presentó los rendimientos más bajos fue el segundo. Debido a que la fecha de siembra en el segundo año fue en enero esto influyó notablemente en el rendimiento como se muestra en el cuadro 5 donde se reporta la media promedio.

En el factor A que es la labranza de conservación se encontró que existe diferencia estadística altamente significativa se realizaron la prueba de medias D.M.S.. Se encontró que el mejor nivel del factor A fue a_2 mostrando un incremento de 10.2% con respecto al nivel a_1 ya que los niveles son estadísticamente diferentes. Estos datos demuestran los beneficios de la labranza de conservación debido a que no se realizó ningún paso de maquinaria y se obtuvieron mejores resultados logrando incrementar el rendimiento y reduciendo los costos de producción. Ya que esto concuerda con Crovetto (1992) encontró que los rastrojos de diferentes cereales mejoran las condiciones físicas y evitan la pérdida de fertilidad del suelo a través del tiempo. Y también con Etchevers *et al.* (2000) encontró que la labranza de conservación dejando residuos en la superficie se encontró que en trigo los mayores rendimientos se obtienen con labranza de conservación ya que durante 5 años.

Para el factor B que es aplicación de derivados de algas marinas se encontró significativo, por lo que se realizó la prueba de medias (D.M.S) encontrando que el mejor nivel fue el nivel b_2 aplicación de algaenzims foliar + 75% de fertilización con un incremento de 22.4% mayor que el nivel b_7 que fue el que presentó menor rendimiento total, los niveles b_5 , b_1 , b_6 , b_3 , b_4 , son estadísticamente iguales como vemos b_1 es mayor que b_6 , b_3 , b_4 , b_7 , que es el que se aplicó el 100 % de la fertilización, estos resultados concuerdan con Corra y López (1999), en

cebada, cuando tenia una altura 20 y 40 cm se aplicó un litro de producto de extractos de algas Marinas vía foliar, resultando un incremento en la producción de grano en un 19.85%.



Aplicación de derivados de algas marinas

Figura 10 Rendimiento Total Promedio para Dos Años en el Cultivo del Trigo Bajo Condiciones de Labranza de Conservación y Aplicación de Algaenzims.

Cuadro 4. Medias para Rendimiento Total Promedio de Dos Años en el Cultivo de Trigo Bajo Condiciones de Labranza de Conservación y Aplicación de Algaenzims.

| Rendimiento Total | | | | | |
|---|--------|----------------|--------|----------------|-------------------|
| Años | | Factor A | | Factor B | |
| Años | Medias | Labranza | Medias | Aplicaciones | Medias |
| Primero | 5.77 a | a ₂ | 4.63a | b ₂ | 4.77a |
| Segundo | 3.11 c | a ₁ | 4.15b | b ₅ | 4.58 a |
| | | | | b ₁ | 4.53a |
| | | | | b ₆ | 4.44a |
| | | | | b ₃ | 4.38a |
| | | | | b ₄ | 4.33a |
| | | | | b ₇ | 3.69 ^a |
| Niveles seguidos con la misma letra son estadísticamente igual. DMS: 0.05 | | | | | |

Los tratamientos (A*B) no se encontró deferencia estadística significativa para los dos años de evaluación pero como se muestra en el cuadro 5

Cuadro 5. Medias del Rendimiento Total. de los Tratamiento Promedio para los dos de Estudio (2000,2001) en el Cultivo de Trigo Bajo Condiciones de Labranza de Conservación y Aplicación de Algaenzims.

| Tratamientos | Media |
|---|--------|
| a ₂ b ₅ | 5.09 a |
| a ₂ b ₂ | 4.99a |
| a ₂ b ₄ | 4.71 a |
| a ₂ b ₃ | 4.66 a |
| a ₂ b ₁ | 4.59 a |
| a ₂ b ₆ | 4.56 a |
| a ₁ b ₂ | 4.54a |
| a ₁ b ₁ | 4.47 a |
| a ₁ b ₆ | 4.31 a |
| a ₁ b ₃ | 4.10 a |
| a ₁ b ₅ | 4.06 a |
| a ₁ b ₄ | 3.95 a |
| a ₂ b ₇ | 3.77 a |
| a ₁ b ₇ | 3.63 a |
| Niveles seguidos con la misma letra son estadísticamente igual. DMS: 0.05 | |

RENDIMIENTO PARA MAIZ

El Rendimiento.

El comportamiento de esta variable como podemos ver en la figura 11. fue el siguiente para el factor A en promedio se obtuvo un incremento de 6.8% en el nivel a₁ comparándolo con el nivel a₂, con lo que respecta al factor B el mejor fue el nivel b₃ con 86% mejor al nivel b₇ después le sigue el nivel b₁ con 81% mas de rendimiento respecto al nivel b₇.

Por lo que respecta al factor B respecto del nivel a₂ del factor A el mejor nivel fue el b₆ con mas de seis toneladas respecto al nivel b₇, después le sigue nivel b₁ con 5.9 toneladas mas de grano respecto al nivel b₇.

Por lo que respecta al factor B respecto del a_2 , el mejor nivel fue el b_4 con 2.3 toneladas mas respecto al nivel b_7 , después le sigue el nivel b_3 con la misma diferencia que el nivel anterior.

De esta manera coteja con la literatura que dice que al aplicar labranza de conservación y derivados de algas marina se han incrementado los rendimiento en diferentes cultivo como. Melón, sandía, trigo, Chile, etc

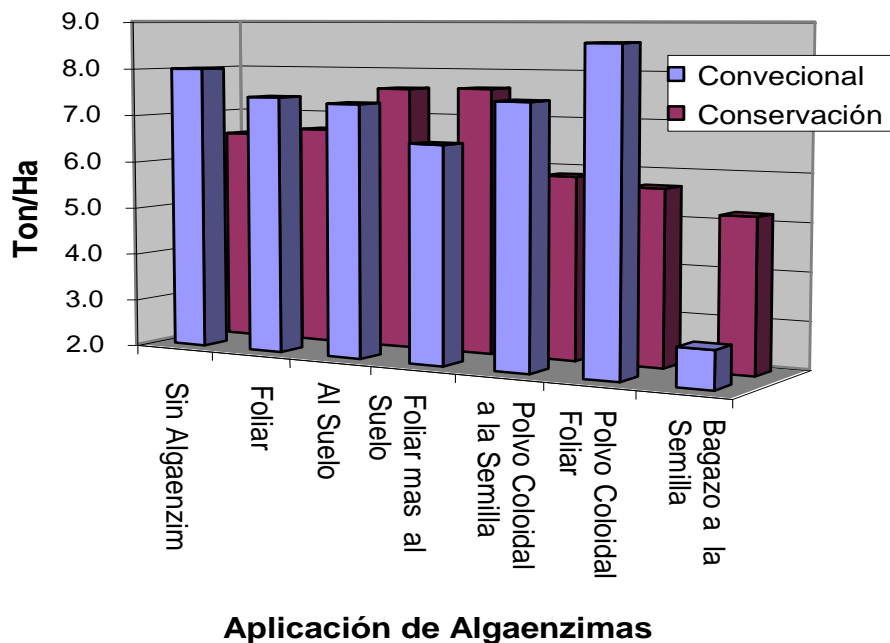


Figura 11. Rendimiento para el Cultivo del maíz bajo condiciones de labranza de conservación y aplicación de algaenzimas.

En la prueba de medias como podemos apreciar en el cuadro 6. hubo Significancia a el 5% teniendo que los mejores tratamientos fueron el seis que corresponde a aplicación de polvo coloidal foliar a razón de 0.5 Kg/ha + 75% de fertilización con un 208% mas de rendimiento respecto al peor tratamiento que es el tratamiento siete, que es el testigo absoluto, después le sigue el tratamiento uno que corresponde a sin aplicación de algaenzimas + 75% de fertilización con 186% mas de rendimiento respecto al peor tratamiento, después el tratamiento once que corresponde a la aplicación de algaenzimas foliar + al suelo + 75% de fertilizante.

Cuadro 6 Valor de medias para Rendimiento en el Cultivo de Maíz bajo condiciones de labranza de conservación y aplicación de derivados de algas marinas.

| Tratamiento | Medias en kg/Ha |
|---|-----------------|
| Convencional mas Polvo coloidal Foliar | 8589.3a |
| Convencional Sin Aplicación | 7978.2ab |
| Conservación mas Foliar y al Suelo | 7589.2abc |
| Conservación mas al Suelo | 7559.1abc |
| Convencional mas Polvo Coloidal a la Semilla | 7420.7abc |
| Convencional mas Foliar | 7298.1abcd |
| Convencional mas al Suelo | 6637.1abcd |
| Conservación mas Foliar | 6518.2abcd |
| Convencional Foliara y al Suelo | 6518.0abcd |
| Conservación Sin Aplicación | 6489.8abcd |
| Conservación mas Polvo Coloidal a la Semilla | 5817.9bcd |
| Conservación mas Polvo Coloidal Foliar | 5655.1cd |
| Conservación mas Bagazo a la Semilla | 5170.0d |
| Convencional mas Bagazo a la Semilla | 2784.7e |

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente iguales.

Nivel de Significancia: 0.05

DMS: 2241.2

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los datos discutidos y en base a la investigación realizada en los años, 2000, 2001 podemos concluir que.

En el factor A, labranza de conservación el nivel más sobresaliente fue a_2 que es labranza de conservación con 50% de acolchado orgánico por lo que se puede mencionar las ventajas de la labranza de conservación se manifestó a favor del rendimiento y componentes del rendimiento.

Con respecto a los años de evaluación el mejor año fue el primero año para rendimiento total, influyendo la fecha de siembra favorablemente para obtener el mejor rendimiento.

En el factor B que es aplicación de derivados de algas marinas los mejores niveles fueron aplicación de Algaenzims 1L/ha vía foliar + 75% de fertilización y Polvo coloidal adherido a la semilla (1Kg/ha) + 75% fertilización.

Con la aplicación de derivados de algas marinas se obtienen rendimientos mayores que la media nacional con un ahorro de un 25 % en el uso de fertilizantes y una reducción de los costos de producción al eliminar el uso de maquinaria agrícola para la preparación de la tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C.A.1990. Mejoramiento Genético de Trigo (*Triticum Aestivum* L) y Cebada, con la Aplicación del Extracto de Algas Marinas ALGAENZIMS en suelo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Allmaras, R.R. y R.H. Dowdy. 1985. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. *Soil & Tillage Res.* 5: 197-222.
- Akobundu, O.I. 1987. Weed science in the tropics, principles and practices. Ed. John Wiley and Sons. New York. USA.
- ASAE, 1993 Soil Cone penetrometer ASAE Standars.
- Blaine, M. William J.Z, Ian Crouch y Johannes van S. 1990. Agronomic Uses of Seaweed and Microalgae. Introduction to Applied Phycology. Pp 589 – 627. Ed. Bv. The Netherland (1990)
- Blunden, G. 1997. Effects of liquid Seaweed Extracts as Fertilizar. Proc seventh International Seaweed simposium. In. Ref. 3 schools of Pharmacy, polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hands, England.
- Canales, L. B. 1999. Enzimas algas posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra.* 17 (3):271 – 276.
- Claverán, A. R. 200. Panorama de la labranza de conservación en México y en America Latina. Simposium Internacional de Labranza de Conservación, Mazatlán. México. Pv.

- Corral G.J. y O.S. 1999 Inf. Extractos de Algas Marinas, No 12 Pagina 14 .
- Dimas, L. J., Gutiérrez. P. G, Berúmen. P.S. 2000 Labranza de conservación usando cobertura de abono orgánico en alfalfa. *Terra* 18 (2). Pag. 161 – 171.
- Etchevers B., J. D. 1999. Indicadores de la calidad del suelo, pp. 239-262. *In:* C. Siebe, H. Rodarte, G. Toledo, J. Etchevers, K. Oleschko (eds.) Conservación y restauración de suelos. Universidad Nacional Autónoma de México-Programa Universitario del Medio Ambiente, México, D. F.
- Escalante, Z.J.G.1991. Respuesta de Trigo (*Triticum Aestivum* L) variedad serim –82 el riego en sus diferentes etapas fenologicas. Tesis: Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Faulkner, E.H. 1974 *Plowman's Folly*. Oklahoma University Press 138.
- Faz C.R, Mancilla R. , Diaz Infante 1998 Estudio de compactación en la pp propiedad la batalla. Proyecto de investigación del programa de Viticultura CELALA-INIFAP 1998.
- FIRA, 2000. Banco de México. Centro de Desarrollo Tecnológico “ Villa, Diego” curso sobre Fundamentos Básicos del Sistema de Labranza de Conservación. Pag. 197.
- Flores, D.F.1994 Evaluación de 17 Genotipo criollos de Trigo (*Triticum Aestivum* L) para Rendimiento y sus componentes en la región de Navidad Nuevo León. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Fuentes, T, E. B y Bañuelos, H.L.1994.Influencia de Algaenzimas a diferentes dosis y forma de Aplicación en Gladiola (*Gladiolus* spp). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- García C., N.E. 1996. La materia orgánica del suelo. *In:* Bioquímica edáfica y de la materia orgánica. Curso. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

- Gomez R.J.M. 1992 Importancia de las coberturas vegetales y de la materia orgánica en la conservación del suelo. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria Tamaulipas.
- Hernandez, P.O.J. 1991. Efecto de Arreglo Topologico entre Labranza en el Comportamiento del Cultivo de Trigo de Triticale (X. *Triticosecale*. Wittmaack.) Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Huyssteen, L.V. 1982 Interpretation and use of penetrometer data to describe soil compactation in vineyards. S.Afr.J. Enol. Vitic. 4:2.
- INIFAP, 1997. Programa Nacional de la Labranza de Conservación Bajo Enfoque sostenible. Pag. 63.
- Jeff, N.1999. Productos Orgánicos. Productores de Hortalizas.
- Karlen, D.L., T.C. Erbach, T.S. Kaspar, E.C. Colvin, C. Berry, y D.R. Timmons. 1990. Soil till: A review of past perceptions and future needs. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 153-161.
- Kisling, T.C., Scott, H.D, Waddle, B.A, Williams, W. And Frans. 1990. Effects of Winter cover crops on cotton yield and Selected Soil Properties. Pag. 492 – 496 in. Pro. Beltwide cotton Production Research conference. Jan. 9-14.
- Laredo, C.I. 1987. Comparación de 5 Niveles de Labranza y Dos Espaciamiento Entre los Surcos con Respecto a la Inversión, Producción en Maíz (*Zea Mays* L.) de Temporal. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- López, L.M.1993 Respuesta de Girasol (*Helianthus Annuus* L) a 4 niveles de Labranza en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- López M., J.D. 1993. Labranza de conservación y sus efectos en la retención, almacenamiento de humedad y propiedades físicas del suelo bajo condiciones de secano.

Proyecto de investigación. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo.

Lucía V., A. 1992. Estudio de labranza mínima para retención y conservación de la humedad en el suelo. Tesis de licenciatura. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo.

Mora, G. M, Ordaz, Ch. V, Castellanos, J.Z. 2001. Sistema de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un Vertisol, después de cuatro años de manejo. Terra. 19 (1):.67 – 74.

Martínez, R.L. 1987. Efecto de la Labranza Tradicional y la Labranza de Conservación para el control de Erosión en el cultivo de Maíz (*Zea Mays L*) bajo condiciones de Temporal. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Mascagni, J.H. Vories F.D, Bacon R.K, Milus E.A, Finney P.L. 1992. Arkansas Agricultural Experiment station, Bulltin 934, pag. 16.

Mascagni, J.H, Sabbe W.E.1990. Nitrogen Fertilization of wheat Grown on Raised, with Beds, Arkansas Agricultural Experiment station, Report series 3 pag. 16

Moya, C.A. 1998. Labranza de Conservación en México. Monografía, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Munguia L.J.P. 1985 El acolchado de suelos y la práctica del riego en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracia L*). Tesis de Licenciatura UAAAN, Saltillo Coahuila

Navarro, B. A, Figueroa. S.B, Ordaz. C. V, González, C. F. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinacion y el desarrollo del maiz y frijol. Terra. 18(1):61 – 69.

Nelson, W.R y J. Van Staden.1886. Effect of Seaweed Concentrate on the Growth of Wheat, S. Afr. J. Sci 82: 199 – 200.

- Ochoa, N.M.G. 1996. Labranza de Conservación una Alternativa Financiera. Memoria de Labranza de Conservación cuarto Foro Internacional. FIRA, Guadalajara Jalisco.
- Oleschko L., K. 1989. Evaluación de la deficiencia de la labranza a través de la dinámica de las propiedades físicas del suelo. *Terra* 7: 100-108.
- Osuna C., E.S. 1987. Efecto de la lluvia sobre las propiedades físicas de los suelos laboreados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Poehlman, M.J. 1886. Mejoramiento genético de las cosechas. Novena Reimpresión. Editorial LIMUSA. México, D.F.
- Poulton, P.R., I. Craciun, D.S. Powelson y D.S. Jenkinson. 1996. The influence of straw incorporation and soil type on nitrogen losses. First research co-ordination meeting of theFAO/IAEA coordinated research programme. Vienna, Austria.
- Reyes, R. D.M. 1993. Efecto de las algas marinas y ácidos Húmicos en un Suelo Arcilloso y otro Arenoso. Tesis de Maestría, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Quinta Edición. Editorial LIMUSA. México, D.F.
- Rodríguez, N.F., S.L.F. Ramírez y R.F. Sustaita. 1987. Materia orgánica. Efecto en el suelo e influencia directa en la planta. Publicaciones del Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Rojas, A.A. 1998 Crecimiento de Granos en líneas de Trigo Macarronero (*Triticum Aestivum* L) contraste en la Altura de la planta y su precocidad y su relación en el Rendimiento. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Rawson, H. M. Klatt A R 1988 Effects of Temperature on the Development and Yield of wheat and practices Reduce Deleterious Effects, Wheat production constraints in Tropical Environments México D.F, Cimmyt. in page 44-62.

- Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1996. Anuario estadístico de la producción agrícola de México.
- SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de México.
- SAGAR, 2000. Análisis Fundamentales de los Mercados Agrícolas, ISNNO 01889974, Pag. 28.
- SAGAR-INIFAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural - Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Agropecuarias. 1996. Informe técnico anual. Campo Experimental Querétaro. Querétaro, México.
- Salazar S.E., W.C.Lindeman, M Cardenas, G. Smitt 1992. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd Victoria Tamaulipas.
- Salinas - Garcia, J.R., F.M. Hons, and J.E. Matocha. 1997a. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 152-159.
- Salinas - Garcia, J.R., J.E. Matocha, and F.M. Hons. 1997b. Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties of an Alfisol under dryland corn/cotton production. *Soil Tillage Res.* 42: 79-93.
- Salinas, G. J. R, Velázquez, G. J, Rosales. R.E, Báez, G. A. D. 2000. Efecto a mediano plazo de labranza en la distribución de la biomasa microbiana y nutrientes en vertisoles y Andosoles bajo producción de maíz de temporal. *Terra.* 18 (4) : 349 – 359.
- Sampat, A.G. 1982. Principios y Aplicaciones (físicos de suelo), Limusa, Pag. 347.
- Small, W.L. y Green, E.R. biology. Ed. 1968. Silver Buerdett Co, USA. Editado en Español por Publicaciones Culturales, S.A. de C.V, México, Vigésimo Segunda Edición. 1992.
- Senn, T.L., 1987 Algas Marinas y Crecimiento de las plantas (Seaweed and Plant Growth. La Edición 1987.

-
- SARH, 1991. Manual de conservación del suelo y del Agua, colegio de Postgraduados Chapingo México. Pag. 600.
- Sawders, A.D 1990. Technical wheat for the Nontraditional warm areas a proceeding he international conference, Foz do Iguacu Brasil, page 549 (203-208).
- Tandon J.P.1984. Wheat improvement programs for the hotter areas of India. In Pages 63 – 67, Wheat's for Mare Tropical Envirnmnts, a Proceedings of the International Symposium.
- Tinajero, R.F. 1993 Aplicación de algas marinas y estiércol de bovino en el suelo arcilloso, en el cultivo de Cilantro (*Coriandrum Sativum*). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Torbert, H.A 1997. Climate and management effects on soil quality within agricultural production systems cooperative project research ARS --USDA; CENAPROS – INIFAP Temple, Texas, USA.
- Scott R. R. 1977 Plant root system. McGraw-Hill Book Company UK. Limited. Maiden Berkshire. England.
- Ugler, P.W. 1994 Soil compaction and root growth: a review *Agronomy J.* 86: 759-766

AGRICULTURA ORGÁNICA

ISBN: 968-6404-62-7

Editado por: Enrique Salazar Sosa
Manuel Fortis Hernández
Antonio Vázquez Alarcón
Cirilo Vázquez Vázquez

“Los colores de la tierra en armonía con el hombre”



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.



Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED



UJED



FAZ



SMCS AC



COCyTED

