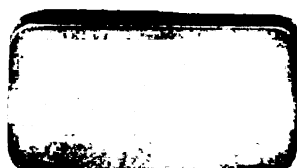


F I C A
BIR... NEZUELA
* 13 JUL. 2002 *
RECIBIDO



333.76063
S612
1991
c.2

MEMORIAS II SIMPOSIO y I REUNION NACIONAL

BIBLIOTECA
13 JUL
RECIB

AGRICULTURA SOSTENIBLE: Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico



-LA TIERRA SERA COMO LOS HOMBRES SEAN-

TALTICPAC TOQUITCHIN TIEZ

Comisión de Estudios Ambientales
Colegio de Postgraduados

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura



110+

00003544 E11

C733

II SIMPOSIO y I REUNION NACIONAL

AGRICULTURA SOSTENIBLE:
Un enfoque ecológico, socioeconómico
y de desarrollo tecnológico

22 JUN 1994

RECIBIDO



333.76063

S612

1991

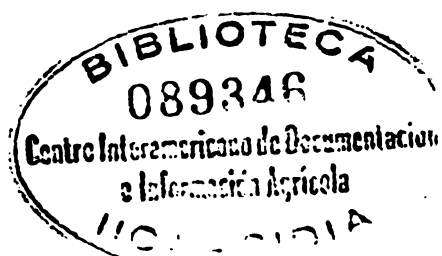
c. 2

D.R. © Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, archivada o transmitida mediante sistema electrónico, mecánico, de fotorreproducción, memoria o cualquier otro, sin permiso escrito por el Colegio de Postgraduados o el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

La Editorial del Colegio de Postgraduados es Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial. Núm. 306.

Hecho en México/Printed in Mexico

Cita Exacta: MEMORIAS DEL II SIMPOSIO Y I REUNION NACIONAL AGRICULTURA SOSTENIBLE: Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico. Comisión de Estudios Ambientales C.P. e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1992.



PRESENTACION

En el marco del bicentenario de la Universidad de Guadalajara y en el XXVIII aniversario de la Facultad de Agronomía, se celebró el II Simposio y I Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible, considerándola, según la definición de la CEPAL, como: **"AQUELLA QUE SATISFACE LAS NECESIDADES DE LA GENERACION PRESENTE, SIN COMPROMETER LA CAPACIDAD DE LAS GENERACIONES FUTURAS PARA SATISFACER LAS PROPIAS"**.

El evento se desarrolló de acuerdo con los siguientes enfoques: a) ecológico, b) desarrollo tecnológico y c) socioeconómico. Esto involucró, por una parte, la identificación y observación de los principios que rigen el funcionamiento del ecosistema, en la apropiación de éste con fines antropocéntricos y, por otra parte, la descripción, desarrollo y/o proposición de técnicas que conlleven la conservación de los recursos naturales en la producción de satisfactores, para lo cual se requiere de argumentos que relacionen el bienestar de la sociedad con los principios ecológicos en el diseño y manejo del agroecosistema.

La coorganización de este evento fue realizada conjuntamente con la Comisión de Estudios Ambientales del Colegio de Postgraduados, presidida por la Dra. Ma. de Lourdes de la I. de Bauer, quien fungió como enlace con el Comité Organizador Local, el cual estuvo integrado por el M.C. Santiago Sánchez Preciado, M.C. Jesús N. Martín del Campo M., Dr. Eduardo López Alcocer, Ing. Adrián Gómez Medrano, y como coordinador de la presentación de carteles el M.C. José Sánchez Martínez.

Para mejor operatividad se designaron como coordinadores de las áreas: ecológica, al Dr. Eduardo López Alcocer; Desarrollo Tecnológico, al Dr. Diego R. González Eguiarte; y Socioeconómica al Dr. Juan Manuel Durán Juárez.

Es importante extender nuestro público agradecimiento a:

Sandoz de México, S.A. de C.V., Semillas Híbridas de México, S.A. de C.V., Agroproductos Corey, S.A. de C.V., Cyanamid de México, S.A. de C.V., Pionner, Híbridos de México, S.A. de C.V., Semillas ConLee Mexicana, S.A. de C.V., CIBA-GEIGY Mexicana, S.A. de C.V., Librería Agropecuaria S.A., Tequila Sauza S.A. de C.V. y Sabritas de México, S.A. de C.V. Por haber contribuido a dar mayor realce a este evento.

ATENTAMENTE

Dra. Ma. de Lourdes de la I. de Bauer
M.C. Santiago Sánchez Preciado
COORDINADORES GENERALES

PROLOGO

La actividad agrícola que al iniciarse hace miles de años aseguró la supervivencia del hombre al proveerlo de alimentos, le permitió además el desarrollo de su capacidad intelectual al dejar de ser tan importante el aprovisionamiento de su necesario sustento. Así, comenzaron los grandes avances y el ahora llamado desarrollo tecnológico, que poco a poco fue prodigando sus beneficios a la humanidad. Fue una era de ímpetu y de ambiciones, de logros y de aspiraciones y entre otros de sus alcances, figuró el de poder arrancar a la tierra cosechas prodigiosas que aseguraban saciar, a futuro, al género humano a pesar de su incremento demográfico espectacular.

Podría decirse que la etapa de confianza y optimismo fue breve, ya que de súbito la agricultura mostró, y despliega ahora, dos facetas extrañamente inconmesurables. Se coloca simultáneamente como receptora, severamente afectada, y como inductora de alteraciones ambientales; su dualidad es evidente. Su papel es primerísimo en un mundo consternado ante el agotamiento de recursos. Surge la necesidad de la acción urgente: protección en cuanto a los efectos del entorno y regulación de aquellas prácticas que originan alteraciones. Curiosamente, la tecnología, culpable absoluta de las alteraciones debe proveer las soluciones, y la voz del investigador agrícola, no la del demagogo, debe ser oída.

Como otras instituciones educativas de vanguardia, el COLEGIO DE POSTGRADUADOS, por iniciativa de su Director General, en ese entonces, Dr. Leobardo Jiménez Sánchez, estableció el 18 de abril de 1990 un grupo interdisciplinario bajo la denominación de Comisión de Estudios Ambientales con el propósito de integrar, en relación con los aspectos ligados a la agricultura, la investigación y experimentación sobre tecnologías no contaminantes tradicionales y de nuevo desarrollo, así como impulsar su desenvolvimiento en el país. Un fruto de tales esfuerzos fue la realización en 1991, en Montecillo, Méx., del I SIMPOSIO NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE. La nutrida asistencia al evento, y la entusiasta participación de los presentes indicó que el camino era adecuado, que había interés del investigador agrícola, de las instituciones y del público en general en contribuir no sólo en la producción de alimentos, sino en encauzar también las actividades conexas por el rumbo apropiado, esto es, sin dañar el entorno.

La bicentenario UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA ofreció un foro excelente para la realización del II SIMPOSIO Y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE. La participación, porque así se insistió en ello, se amplió para ofrecer la posibilidad de exponer experiencias, pensamientos e ideas a todos los que así lo desearan. Por parte de la Comisión de Estudios Ambientales, colaboraron, como miembros del Comité Organizador, la Dra. Ma. de Lourdes de la Isla de Bauer, Dr. Leonardo Tijerina Chávez, Dr. Aquiles Carballo Carballo y M.C. Santiago Sánchez Avila.

Uno de los logros obtenidos, muy significativo, lo constituye la publicación correspondiente a las Memorias del I Simposio Nacional sobre Agricultura Sostenible que sirve ya de obra de consulta sobre la temática tratada.

Las Memorias del II Simposio y I Reunión sobre Agricultura Sostenible, obra que, seguramente, constituirá un complemento valiosísimo, se entrega ahora a nuestra comunidad.

Gracias al patrocinio económico del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y del Colegio de Postgraduados (CP), para la realización de las Memorias del II SIMPOSIO Y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE.

ATENTAMENTE COMISION DE ESTUDIOS AMBIENTALES

Dra. Ma. de Lourdes de la I. de Bauer
Coordinadora

Dr. Leonardo Tijerina Chávez
Vocal

Dr. Aquiles Carballo Carballo
Vocal

Dr. Carlos Sosa-Mosa
Vocal

M.C. Santiago Sánchez Avila
Vocal

MENSAJE DEL DR. RAFAEL RODRIGUEZ MONTESSORO, DIRECTOR GENERAL DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS.

El eco del diálogo iniciado en diciembre de 1991 durante el I SIMPOSIO NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE celebrado en nuestra sede en Montecillo, Méx. repercutió con fuerza, casi un año después, en la Universidad de Guadalajara. El carácter informativo de la primera reunión, a cargo de expertos de renombre, se combinó esta vez con la participación activa de investigadores nacionales y de visitantes extranjeros, reunidos con el propósito común de escuchar, comunicar y discutir el encauzamiento de la investigación y de la aplicación de tecnologías agrícolas en la era presente de defensa y recuperación del entorno, bajo la premisa de proporcionar suficientes alimentos a una humanidad cada vez con mayores carencias.

Dada la gran responsabilidad que como Institución formadora de recursos humanos tiene el Colegio de Postgraduados, y conscientes de que nuestro quehacer científico responde a necesidades nacionales y en muchos aspectos contribuye a la solución de problemas comunes a varios países de nuestro continente, lo que nos hace coincidir en objetivos, con los que dan vida a instituciones internacionales, nos hemos unido al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en la tarea común de generar conocimientos y de divulgarlos para aplicarlos, contribuyendo de esta manera a un desarrollo agrícola estable.

Así, me complace presentar las MEMORIAS DEL II SIMPOSIO y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE a las autoridades competentes, a técnicos e investigadores, y a todos los que conscientemente comparten nuestras preocupaciones y nuestras aspiraciones en la gran tarea de producir y de preservar nuestro hábitat.

JUAN JOSE SALAZAR CRUZ

REPRESENTANTE DEL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA EN MEXICO

Todos los países de América Latina experimentan en el momento presente cambios profundos en su estructura productiva agropecuaria y forestal, la fuerza que anima, e incluso compele a estos cambios, es el fenómeno económico-social llamado "globalización" o "regionalización", iniciado en los países altamente industrializados y del cual no pueden substraerse los países en desarrollo.

En la gran mayoría de las áreas rurales de América latina, el rezago tecnológico derivado de una secuencia de factores de índole diversa, ligados todos a su evolución y lucha histórica por constituirse en, y definir su esencia como países, no ha permitido siquiera aprovechar de manera eficiente su potencial agrícola, pecuario y forestal. Por lo tanto deben reconocer, evaluar y de ser conveniente, aplicar las nuevas corrientes tecnológicas, económicas y otras que en materia agrícola, contribuyan a acelerar su desarrollo.

Lo anterior es una de las prioridades del IICA, en países que constituyen el Sistema Interamericano.

Conscientes de la importancia que la transferencia de tecnología tiene por su efecto multiplicador, y conocedores también de que el mayor beneficio de la transferencia tecnológica se logra con la divulgación de las experiencias obtenidas en regiones similares, sobre problemas agrícolas también semejantes o comunes, y en condiciones equivalentes, el IICA-México se une al Colegio de Postgraduados en la publicación de las memorias del II Simposio y I Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible, realizado bajo la coordinación de la Comisión de Estudios Ambientales del propio Colegio de Postgraduados.

La sostenibilidad de las actividades del campo encierra tal complejidad, que incluso los países tecnológicamente desarrollados no han logrado un consenso en cuanto a su implementación, más aun cuando en sus principios lleva implícito el respeto al entorno, lo que significa preservar o recuperar el equilibrio ecológico que es patrimonio y garantía de vida para las generaciones futuras.

Bajo este marco de referencia, parecería que los países en desarrollo de Latinoamérica, nada o poco podrían aportar a los sistemas de sostenibilidad de la agricultura mundial. Esto sería verdad si el mantenimiento de la alta productividad agropecuaria tuviera como base únicamente el uso, a veces excesivo e indiscriminado, de insumos derivados de energéticos fósiles que, con consecuencias poco favorables han permitido el incremento de cosechas en los países desarrollados con elevados costos económicos y sobre todo con graves consecuencias ecológicas. Afortunadamente, la Agricultura Sostenible y la protección de los Recursos Naturales son temas de prioridad a nivel mundial.

Los sistemas agropecuarios del futuro inmediato, contemplan el uso racional y eficiente del material genético vegetal y animal aprovechados actualmente, así como el de las especies silvestres, las cuales a veces se consideran inútiles. Paradójicamente, son los países en desarrollo de América Latina y el Caribe, así como de otras regiones en desarrollo del Mundo, los que poseen los elementos fundamentales de la "sostenibilidad agropecuaria": la alta biodiversidad aun existente; el gran número de especies animales y vegetales que se usan actualmente en la dieta de nuestros pueblos; los métodos tradicionales de explotación aun en uso; la integración de elementos y prácticas equilibrantes en las explotaciones de las fincas; la salvaguarda de valores morales y culturales de nuestras sociedades rurales; todo lo cual unido, permitirá al HOMBRE continuar viviendo en este planeta, en armonía con la naturaleza.

BIENVENIDA A LOS ASISTENTES AL II SIMPOSIO Y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE.

DISTINGUIDOS MIEMBROS DEL PRESIDUM

INVESTIGADORES

ESTUDIANTES

SEÑORAS Y SEÑORES:

Bienvenidos a la Universidad de Guadalajara que a través de la Facultad de Agronomía será su anfitrión en este evento, organizado conjuntamente con el Colegio de Postgraduados. Fecha muy significativa para nuestra *Alma mater* ya que está cumpliendo 200 años de su fundación como "REAL Y LITERARIA" UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, y que a lo largo de su historia ha generado egresados comprometidos con nuestro país, y que han contribuido a su desarrollo.

Por otra parte, la temática de esta reunión contribuye al desarrollo de una mejor agricultura para la necesaria producción de alimentos. Convendría tener en cuenta las consecuencias derivadas del uso discriminado de fertilizantes y plaguicidas químicos, que aunados a ciertas prácticas agrícolas producen deterioro en el ecosistema, y que en conjunto con lineamientos reglamentarios de muy débil aplicación, constituyen un reto de actualidad para la agronomía, como por ejemplo: el ordenamiento para la utilización de aguas, las dificultades en la lucha contra la erosión, la indiferencia para realizar cultivos alternativos y la constante depredación de nuestros bosques, sólo por citar algunos.

En la actualidad el crecimiento de la agricultura suele apoyarse sobre un proceso de intensificación; presión de tierras en descanso, aumento del número de cosechas en el año sobre el mismo suelo, cultivos rigados, mecanización, métodos de crianza de ganado en base a granos, etc.

Esperamos que estas consideraciones, así como las experiencias que en las ponencias de la reunión se presenten, contribuyan a formar los antecedentes necesarios para su difusión, y que de esta manera puedan ser útiles en los programas de aplicación de nuestras tareas en la agricultura.

Con esto, les deseamos una grata estancia en este hotel, que sin duda será un escenario adecuado para la reunión.

FELICIDADES.

**M.C. ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

Honorable Presidium, distinguidos asistentes:

El celebrar este II SIMPOSIO y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE en esta sede, la magna UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA resulta un hecho extraordinariamente afortunado: conjuntamos experiencia y tradición de dos siglos, con esfuerzos renovados por tomar el rumbo correcto en la investigación agrícola.

Apenas hace dos días los medios informativos dieron a conocer que una de las personalidades más destacadas del México contemporáneo, figura ya prominente en nuestra historia, aquí dignamente representada, había anunciado la autosuficiencia en nuestros cultivos básicos:

Ante este logro debemos tomar en cuenta y poner en práctica que la forma como se ha llegado a ese punto sea compatible con el fundamento que comprenden y sustentan con gran convicción nuestras autoridades: conservación del entorno. El cómo hacerlo, fue nuestro tema del diálogo que ahora deseamos continuar, iniciando en diciembre de 1991 cuando con la participación de más de 300 personas, durante el I SIMPOSIO NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE, organizado por la COMISION DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL C.P. integrada por los DRS. SOSA-MOSS, TIJERINA CHAVEZ, SANCHEZ AVILA Y CARBALLO CARBALLO, con el apoyo decidido de nuestras autoridades, y con la ayuda valiosa de muchos de los presentes y de otros cuya ausencia involuntaria lamentamos, nos percatamos, a través del evento mencionado, de un interés común de este maravilloso grupo interdisciplinario que, en su complejidad, logra integrar la investigación agrícola.

El fin común está basado en dos premisas:

- PRODUCIR LOS ALIMENTOS NECESARIOS
- NO DAÑAR EL ENTORNO A TRAVES DE ESTAS ACTIVIDADES

Como el año pasado, y ahora con energía renovada, retomamos el camino y hoy nos reunimos para comentar experiencias buenas o malas, todas ellas útiles, o quizá sólo para oír o hablar de ideas que nos parecen prometedoras.

Este ¡compañeros! será un foro donde se discutan y propongan alternativas para el uso adecuado de los recursos naturales y una ocasión para promover la participación de especialistas e instituciones relacionadas con el uso sostenible de los recursos naturales y en particular con la agricultura.

Hagamos de este II Simposio y I Reunión Nacional sobre AGRICULTURA SOSTENIBLE un punto de encuentro fructífero, y al retornar a nuestros lugares de procedencia llevemos un mensaje de esperanza.

¡Sean ustedes bienvenidos!

DRA. MA. DE LOURDES DE LA I. DE BAUER
*Coordinadora de la Comisión de Estudios
Ambientales del Colegio de Postgraduados*

Guadalajara, Jal., 4 de Noviembre de 1992

MENSAJE DE CLAUSURA DEL II SIMPOSIO Y I REUNION NACIONAL SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE.

La productividad es una meta prioritaria en el sector rural y cuando ésta se alcanza, hay satisfacción, sin embargo, los momentos actuales reclaman de un proceso productivo que se combine con la conservación de los recursos naturales. Esto es, que nuestras cosechas no sean esquilmantas, ni erosivas.

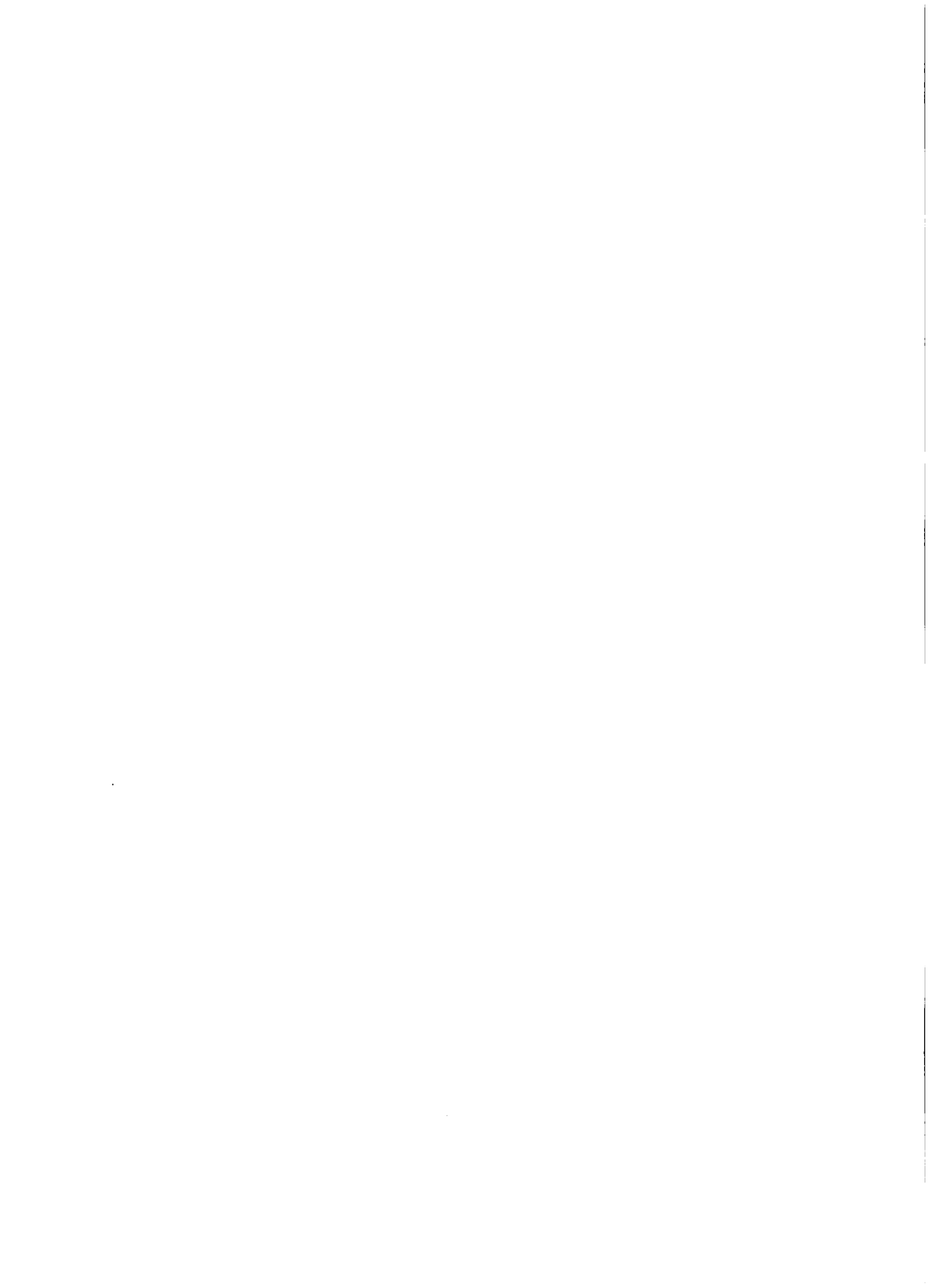
Por el contrario, debemos procurar que a la par del proceso productivo, se culde el recurso natural y hasta se mejore, para estar en equilibrio con la naturaleza, ésta es una nueva cultura agronómica y debemos difundirla como una responsabilidad de alta prioridad para las nuevas generaciones.

Esta primera reunión nacional sobre agricultura sostenible marca sin duda un parteaguas entre las reuniones técnicas eficientistas y aquellas con conciencia plena de que debemos anteponer la conservación del ecosistema en que vivimos y al cual explotamos con afán mercantilista y que hasta el momento ha regido nuestras propuestas tecnológicas.

Dicha estrategia, además de las bondades ya señaladas, aspira a algo que nos debe preocupar sobremanera: "el rescate de la tecnología tradicional", y en ese marco, debemos ser capaces de generar las nuevas alternativas que requiere el campo mexicano, para un trabajo agronómico productivo de alta calidad y bienestar para la vida humana.

GRACIAS.

**M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
SECRETARIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**



I N D I C E

<p>PERSPECTIVAS DE LA AGRICULTURA EN MEXICO Ernesto Samayoa Armienta, Luis F. Flores Luis</p>	<p>..... 1</p>
<p>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS BAJAS EN COMUNIDADES CAMPESINAS Carlos Olguin Palacios, Sergio Rodríguez Salomón, Marcela Sofía Gaona, Juan Lorenzo Reta Mendiola, Silvia López Ortiz, María del Carmen Alvarez Avila, Alberto Asiain Hoyos</p>	<p>..... 5</p>
<p>X LA CRISIS DE LA AGRICULTURA INDUSTRIAL Y LA BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS SUSTENTABLES. Tomás Martínez Saldaña, Fernando Bejarano González</p>	<p>..... 15 ✓</p>
<p>EXPERIENCIAS SOBRE AGRICULTURA NATURAL EN MEXICO Jesús Arango Torres</p>	<p>..... 21 ✓</p>
<p>X FORMACION DEL AGRONOMO ANTE EL UMBRAL DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Santiago Sánchez Preciado y Jesús N. Martín del Campo M.</p>	<p>..... 23</p>
<p>PREDIOS UNIVERSITARIOS: ORDENAMIENTO ECOLOGICO SOSTENIBLE Omar Kayam Villalpando Barriga</p>	<p>..... 29</p>
<p>DEPOSICION ATMOSFERICA EN BOSQUES DENTRO DE LA CUENCA ATMOSFERICA DE LOS ANGELES, CALIFORNIA Y DEL VALLE DE MEXICO Mark E. Fenn</p>	<p>..... 33 ✓</p>
<p>THE TERRESTRIAL ECOSYSTEMS REGIONAL RESEARCH & ANALYSIS LABORATORY: Regional Collaboration to Address Global Change Issues: Douglas G. Foxa, Brenda G. Faberb, Donn G. DeCourseyc, William W. Wallaced, Raymond D. Wattse, and Robert G. Woodmanseef</p>	<p>..... 41</p>
<p>X GLOBAL CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE S. V. Krupa</p>	<p>..... 47</p>
<p>MYCOTOXINS AND FOOD SAFETY Chester J. Mirocha</p>	<p>..... 59</p>
<p>IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS HIDRAULICOS SOBRE LA AGRICULTURA DE RIEGO Leonardo Tijerina Chávez</p>	<p>..... 65</p>
<p>ENTARQUINAMIENTO: ¿PRACTICA ECOLOGICA O MAL MANEJO DEL AGUA? Gustavo López Castro, J. Luis Seefóo Luján</p>	<p>..... 73</p>
<p>LA CRISIS ECOLOGICA EN LA CUENCA DEL MAR ARAL POR EL USO AGRICOLA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS Iván Aydárov, Yuri Nikoiski, Vadim Jachaturyán, Anatoly Korolkov</p>	<p>..... 79</p>
<p>ESTUDIOS FISIOLÓGICOS EN CULTIVOS REGADOS CON AGUAS NEGRAS. I. ANALISIS DE CRECIMIENTO DE <i>Licopersicum esculentum</i> (VAR. ROYAL) Morales López E.; Camarena Gutiérrez G. y Campos Jiménez A.</p>	<p>..... 85</p>
<p>EL NOPAL (<i>Opuntia spp.</i>): UNA ALTERNATIVA ECOLOGICA PRODUCTIVA PARA LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS Eulogio Pimienta-Barrios</p>	<p>..... 91</p>
<p>ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL CRECIMIENTO DE LA PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>), ANALISIS DE CRECIMIENTO DE LAS VARIETADES "ALPHA" Y "ROSITA" Y UNA PROPUESTA PARA EL MANEJO DEL CULTIVO García Sánchez Pedro, Camarena Gutiérrez Gabriel</p>	<p>..... 103</p>

	RENDIMIENTO DEL FRIJOL EN TEPETATES Y ABONOS ORGANICOS	.....	111
	José Feliciano Ruiz Figueroa, Esther Leal Serrate, Luis Torres Cedillo		
	RESPUESTA DE LA PAPA A LA APLICACION DE BIOFERTILIZANTE AZOTOBACTER COMO ALTERNATIVA PARA LA FERTILIZACION NITROGENADA	.....	117
	José Feliciano Ruiz Figueroa, Esther Leal Serrate, Luis Torres Cedillo.		
	EVALUACION DE LA FERTILIZACION ORGANICA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LECHUGA EN SUELOS FERRALITICOS DE CUBA	.....	123
	José Feliciano Ruiz Figueroa, Esther Leal Serrate, Luis Torres Cedillo		
	OPCION ALTERNA DE CONTROL DE LA "DORMILONA" (<i>Fusarium culmorum</i>) DEL CLAVEL MEDIANTE LA NUTRICION NITROGENADA.	.....	129
	Joaquín Murguía González, Ma. de Lourdes de la I. de Bauer, Seiji Osada Kawasoe y Juan Velázquez Mendoza.		
→	BIOREGULADORES DE ORIGEN VEGETAL: UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE PLAGAS AGRICOLAS	.....	137
	Marcelino Vázquez García		
→	ESTUDIO PRELIMINAR DE LILIACEAS CON POTENCIAL INSECTICIDA	.....	145
	Juana Palacios Lázaro, Marcelino Vázquez García, Gil Virgen Calleros, Ma. Fatima Sánchez Gutierrez.		
→	ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA DE 3 ESPECIES DE MELIACEAS	.....	147
	Fátima Sánchez Gutiérrez, Marcelino Vázquez García, Gil Virgen Calleros, Juana Palacios Lázaro		
→	INHIBICION DE LA GERMINACION DE <i>Botrytis</i> sp Y <i>Phragmidium</i> sp CON EXTRACTOS ACUOSOS DE MELIACEAS Y LILIACEAS	.....	151
	Gil Virgen C., Marcelino Vázquez G., Jorge M.López T y M. Rosa Salas		

PERSPECTIVAS DE LA AGRICULTURA EN MEXICO

Ernesto Samayoa Armenta¹
Luis F. Flores Lu²

INTRODUCCION

El desarrollo de la agricultura sostenible no sólo se refiere a la implementación de un conjunto de técnicas y métodos prácticos en la producción, sino que conlleva todo un esquema conceptual que comprende aspectos sociales, económicos y culturales.

Las exposiciones que se presentaron en este Segundo Simposio y Primera Reunión Nacional Sobre Agricultura Sostenible, cubrieron una amplia gama de temas. Se trataron aspectos sobre el desarrollo tecnológico, socioeconómico y ecológico y se contó también con la participación de productores quienes aportaron experiencias valiosas al respecto.

La actividad agrícola en México es muy diversa, ya que se desarrolla desde las zonas áridas y semiáridas hasta el trópico húmedo.

Por otra parte, las condiciones socioeconómicas de estas áreas agroecológicas también es contrastante. Existen regiones con una agricultura de corte empresarial con acceso al capital, a la tecnología y al mercado, por consiguiente cuentan con una amplia capacidad para la transformación y con posibilidades para aplicar esfuerzos en la conservación de los recursos naturales. Este tipo de agricultura se da en las áreas de riego y donde las condiciones de producción son favorables.

Por otra parte, existe un gran territorio en donde se practica una agricultura de subsistencia, la cual se caracteriza por tener bajos índices de productividad, limitado acceso al capital y a la tecnología y, como resultante de lo anterior, muy pocas opciones productivas. Esta actividad se desarrolla, en gran parte, en terrenos clasificados como de mediana y baja productividad, y en algunos casos en áreas marginales.

La situación anterior evidentemente ha generado un desarrollo dispar de la agricultura, no obstante lo anterior, el común denominador de ambas es el acelerado deterioro de los recursos naturales, principalmente agua y suelo, lo cual se debe a la creciente demanda de alimentos y materias primas.

El desarrollo sostenible ha sido definido por la FAO dentro del contexto de la agricultura, la silvicultura y la pesca como:

El manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible (en los sectores agrícola, forestal y pesquero) conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Consideramos que haciendo una comparación entre los elementos conceptuales de la definición anterior y las condiciones actuales en las que se lleva a cabo la agricultura en México, podremos darnos cuenta de cuál es nuestra situación respecto a la agricultura sostenible, sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo y los retos que deben superarse.

Manejo y Conservación de la Base de Recursos Naturales.

La agricultura sostenible se fundamenta en el principio de manejo y conservación de los recursos naturales en cantidad y calidad, particularmente el suelo, el agua y los recursos genéticos.

La importancia del suelo como sustrato sobre el que se desarrollan las especies vegetales es insoslayable, y la productividad y calidad de los cultivos agrícolas sabemos que en gran parte dependen de él.

¹. PhD. Vocal Ejecutivo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. (INIFAP) SARH.

². PhD. Director de Cultivos Básicos. División Agrícola. INIFAP. SARH.

Documento presentado en el Segundo Simposio y Primera Reunión Nacional Sobre Agricultura Sostenible, 4-6 de noviembre de 1992. Guadalajara, Jalisco, Mex.

La agricultura es la actividad que más fuertemente contribuye al deterioro del suelo. Estudios realizados en México para cuantificar el efecto del uso del suelo sobre la erosión hídrica, muestran tasas de pérdidas que van desde tres hasta 40 toneladas por hectárea por año en diferentes regiones. Lógicamente la magnitud de estas pérdidas es en función del tipo de suelo, la precipitación, la topografía y, en su caso, del grado de tecnificación del cultivo.

El deterioro del suelo se agudiza en las regiones del trópico seco, y entre las principales causas que contribuyen a ello se encuentran el monocultivo del maíz y frijol y la apertura de nuevas tierras a la agricultura sin aptitud para ello. En términos cuantitativos, en el trópico seco se pierden en promedio 4.3 toneladas de suelo por hectárea por año. El efecto inmediato de esto se refleja en una reducción drástica del potencial productivo y en consecuencia se abandonan las tierras por su baja rentabilidad.

Con relación a la calidad de los suelos en las áreas bajo riego, que en nuestro país comprenden una superficie de 6 millones de hectáreas, se ha detectado que en 300 mil de ellas se presentan diferentes niveles de salinización debido principalmente a falta de infraestructura de drenaje, al uso de agua de mala calidad y a la baja tecnificación del riego. Asimismo, resulta evidente que cada año se incrementa en forma considerable este problema.

Además de la erosión y salinización, otros problemas como la contaminación, la pérdida de materia orgánica, la disminución de la actividad biológica y el deterioro de las propiedades físicas y químicas, son consecuencia de la actividad agrícola intensiva y en gran parte al uso excesivo de maquinaria para las prácticas de labranza y el abuso en la aplicación de agroquímicos.

Ante esta situación podemos inferir que el recurso suelo en México está seriamente amenazado tanto en su cantidad como en su calidad, y aunque los daños no han sido cuantificados con precisión, día con día se pierde o deteriora una buena parte.

La sostenibilidad de la agricultura en su concepto amplio posible hasta que se logren detener los procesos de degradación y se conserven las propiedades del suelo.

El agua, por otra parte, ha sido identificada como el factor principal que limita la producción

agrícola, tanto en las áreas de riego como de temporal.

De los 400 mil millones de metros cúbicos que anualmente precipitan sobre el territorio nacional, sólo una pequeña fracción es aprovechada para la agricultura, y otra, por las comunidades vegetales nativas.

La agricultura que se desarrolla bajo condiciones de temporal, se caracteriza por ser de alto riesgo y de baja productividad. En las regiones en las que se practica, el impacto directo de la actividad agrícola se manifiesta como la pérdida de suelo debida al uso de terrenos con pendientes pronunciadas, la intensidad de las lluvias y a las prácticas de labranza, mismas que en su conjunto aumentan la erodabilidad de los suelos.

En las áreas de riego se ha estimado que la eficiencia global de aprovechamiento del agua es del orden del 45%, esto significa que la mitad del agua se desperdicia de una u otra forma durante su utilización.

Una forma para evaluar el grado de sostenibilidad de la agricultura con respecto al agua, la tenemos en las regiones donde la producción agrícola se basa en la extracción y aprovechamiento de las aguas subterráneas. En el 80% del territorio nacional está vedada la perforación de pozos por el excesivo abatimiento de los acuíferos que en algunos casos llega a ser de dos metros por año.

El abatimiento acelerado de los acuíferos tiene dos consecuencias inmediatas; primero, se eleva considerablemente el costo de extracción, lo que disminuye la rentabilidad de los cultivos y, segundo, que en muchos casos baja la calidad del agua extraída, como sucede en los acuíferos costeros donde la intrusión de agua marina incrementa la salinidad.

Por otra parte, el constante crecimiento de los asentamientos humanos hace que cada día se desechen un volumen mayor de aguas residuales, las cuales son utilizadas para el riego. El uso indiscriminado de estas aguas incorpora al suelo elementos tóxicos y sales cuyos efectos nocivos se hacen evidentes a largo plazo.

Asimismo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma excesiva representa un alto riesgo de contaminación de los acuíferos y cuerpos de agua con nitratos.

Ante esta situación, la forma y grado de utilización del agua en la agricultura está muy lejos del concepto de agricultura sostenible.

En lo que respecta a los recursos fitogenéticos, la amplia gama de ambientes agroecológicos que se presentan en México permite mantener una gran diversidad genética que puede aprovecharse. En este sentido diversas instituciones nacionales e institucionales están haciendo grandes esfuerzos para cuantificar, clasificar, multiplicar y conservar la riqueza genética. El desarrollo de la ingeniería genética ofrece una amplia perspectiva para aprovechar y mejorar los recursos fitogenéticos del futuro.

La Orientación del Cambio Tecnológico.

Considerando que la investigación es el elemento fundamental que define y ordena el cambio tecnológico, se pueden identificar dos enfoques:

- La investigación básica cuyo objetivo fundamental es conocer los principios que determinan los procesos y fenómenos, y
- la investigación aplicada que desarrolla las técnicas y métodos apropiados para una determinada condición y que permiten mejorar la productividad.

En el concepto de agricultura sostenible ambos enfoques son importantes, y en la actualidad se cuenta con conocimientos básicos lo suficientemente sólidos para servir de plataforma e impulsar la investigación aplicada.

Estamos seguros de que existen respuestas al conjunto de problemas e interrelaciones que afectan en forma directa la sostenibilidad de la agricultura, por lo que es preciso orientar los esfuerzos institucionales en los aspectos económicos, técnicos y sociales para hacerlos más eficientes y avanzar con mayor rapidez hacia el objetivo común de agricultura sostenible.

Es frecuente que en los países en desarrollo la investigación se encuentre diluida entre las instituciones, que esté fragmentada y que carezca de una continuidad esencial, esto promueve que los programas no tengan resultados concluyentes e integrales, lo que origina vacíos tecnológicos que impiden identificar y aplicar soluciones a los problemas que demanda la Agricultura Sostenible.

Las instituciones nacionales juegan un papel importante en el desarrollo agrícola sostenible, por

lo cual su función debe ser de promover, normar, estimular y apoyar las prácticas orientadas a favorecerla. Como ya ha sido señalado por FAO, no necesariamente la creación de nuevas instituciones es la solución, en muchos de los casos el fortalecimiento de las ya existentes puede ser una vía más eficiente y eficaz.

Aspectos Socioeconómicos.

La agricultura, al igual que cualquier otra actividad en su carácter de sostenible, debe ser acorde a dos consideraciones fundamentales: ser viable en lo económico y aceptable en lo social.

En este contexto, existe un sinnúmero de antecedentes de programas que han fracasado o han tenido logros parciales, precisamente porque no se han tomado en cuenta a plenitud los aspectos económicos y sociales. Asimismo, la experiencia acumulada en este aspecto nos indica que el análisis cuantitativo de los beneficios es esencial.

En su concepto general, la agricultura sostenible se justifica por sí misma. Sin embargo, el proceso de cambio amerita estudios a fondo sobre la situación social y económica de los productores, ya que la economía global, la competitividad con los mercados internacionales y su situación social en relación con los países en desarrollo, afecta dicho proceso en forma directa.

Perspectivas

La actividad agrícola nacional se caracteriza por ser dicotómica, por tener una creciente demanda de alimentos y materias primas y por ejercer presión sobre los recursos naturales. En este contexto, la agricultura sostenible representa una alternativa viable hacia la cual se debe avanzar.

Tomando en cuenta la situación de cambios rápidos en la economía nacional y la participación de México en acuerdos comerciales de sus productos agropecuarios y forestales con otros países, a corto plazo se ejercerá una mayor presión sobre los recursos, misma que se ve recompensada con mejores índices de rentabilidad dentro de un marco de conversión que depurar a los cultivos, a las especies y al uso del suelo, dejando sólo las opciones más competitivas en cada región agroecológica.

Se recomendará que parte de las utilidades que se generen de esta actividad se utilicen en la conservación y mejora de los recursos naturales y en acciones que en forma directa favorezcan la sostenibilidad.

Los aspectos económicos y sociales continuarán siendo por un período largo los elementos claves que determinen el grado de avance hacia la sostenibilidad. Por su parte la investigación y el desarrollo tecnológico continuarán aportando conocimientos de orden básico y aplicado que permitiera tener una gama más amplia de soluciones a los problemas de los escenarios de corto, mediano y largo plazo.

A largo plazo la agricultura tendrá un concepto totalmente diferente al actual en el que la rentabilidad y competitividad serán elementos dominantes. En ese escenario de largo plazo la sostenibilidad será el elemento rector, y la rentabilidad y competitividad se darán dentro de un esquema de aptitud agroecológica.

El desarrollo de una agricultura sostenible lleva consigo la superación de retos, para lo cual se requiere implementar acciones inmediatas como el desarrollo de recursos humanos, la transferencia de tecnología y la investigación.

Actualmente no se cuenta en nuestro país con los recursos humanos calificados suficientes para el desarrollo de la agricultura sostenible, por lo que se requiere iniciar programas de formación y capacitación para hacer frente a los problemas inherentes al cambio tecnológico. Asimismo, los programas de capacitación deben ser acordes con la política nacional de formación de recursos humanos y se deberán preparar en las áreas y disciplinas prioritarias.

Tomando en cuenta la importancia de que los productores conozcan y utilicen los componentes tecnológicos que se incorporarán a sus sistemas de producción, es necesario que se capaciten a través de programas de validación y transferencia de tecnología.

Transferir las experiencias y conocimientos desarrollados por los técnicos, productores e investigadores nacionales e internacionales, es fundamental para acelerar el avance y mejorar la efectividad de las acciones en el campo. Sin embargo, la transferencia de tecnología es una de las limitantes para el desarrollo de la agricultura sostenible.

Para superar este reto, es necesario implementar programas integrados que contemplen los aspectos de captura, clasificación y transferencia de la información, en forma vertical y horizontal entre las instituciones y los productores.

En lo relativo a la investigación, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-INIFAP, reconoce en sus objetivos la importancia de lograr una producción y productividad en la agricultura.

El nuevo enfoque a las actividades de investigación en el que la conservación de los recursos naturales en calidad y cantidad es actividad prioritaria, permitan hacer frente a los retos a corto, mediano y largo plazo.

Los estudios dirigidos a los aspectos económicos y sociales deben ser intensificados, a fin de que los cambios tecnológicos sean apropiados a las condiciones reales de los productores y su entorno. De esta manera se mejora su efectividad.

Imprimir a la agricultura nacional el carácter de sostenibilidad, es un reto que compromete a las instituciones y a las personas que las integran. Las perspectivas actuales para avanzar hacia este objetivo están siendo enriquecidas por una creciente conciencia social de conservar los recursos naturales para beneficio de las generaciones futuras.

Los desarrollos tecnológicos producto de la investigación, así como su utilización por los productores serán las acciones que promuevan el desarrollo hacia una producción y productividad sostenible.

Por último, quisiéramos reconocer que eventos sobre este tema contribuyen al intercambio de experiencias y conocimientos, aportan cohesión y sentido a las acciones y son de incalculable valor para lograr el objetivo común de los aquí presentes, una agricultura sostenible.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS BAJAS EN COMUNIDADES CAMPESINAS

Carlos Olguin Palacios*, Sergio Rodriguez Salomón*, Marcela Solís Gaona*, Juan Lorenzo Reta Mendiola*,
Silvia López Ortiz*, María del Carmen Álvarez Avila*, Alberto Asiain Hoyos*

INTRODUCCION

La transferencia de tecnología es un proceso participativo y continuo, por medio del cual se pretende aplicar las tecnologías generadas en los Centros de Investigación; tal proceso involucra a investigadores, productores y agentes de cambio. A nivel nacional es baja la cantidad de resultados de investigación que se están aplicando a los procesos productivos, debido a los problemas diversos de adopción que se presentan. Por ello, es importante que al realizar actividades de transferencia de tecnología se conciba el Desarrollo Rural, no como una mera incorporación de tecnología moderna o innovadora al proceso productivo sino como un proceso que implique la transformación de las relaciones que los hombres contraen entre sí y con los procesos de producción (Rodríguez S. S. *et al.*, 1992). En este proceso dinámico de transferencia de tecnología, un grupo de investigadores del CRECIDATH perteneciente al Área Manejo Integral de los Recursos Naturales de las Zonas Bajas ha venido desarrollando una serie de actividades que tienen como objetivo principal el establecimiento de Módulos de Manejo Integrado de Recursos Naturales en Comunidades Campesinas de los Estados de Veracruz y Oaxaca.

El trópico mexicano, caracterizado por su alto potencial agrícola, pecuario, acuícola y de alta biodiversidad, ha sido irracionalmente explotado, causando con ello daños irreversibles a los ecosistemas predominantes. Ejemplo de esto sería la utilización generalmente (inmoderada) de las selvas tropicales húmedas de los Chimalapas en Oaxaca, Uxpanapa, Veracruz y en la región de la Chinantla, Oax. (Olguín, 1990). Por otra parte, la estrategia de desarrollo del trópico húmedo se ha basado primordialmente en tecnologías que fueron creadas para otros ambientes naturales.

Es por ello necesario conocer la particular productividad biológica de las zonas bajas tropicales para evaluar la propuesta implícita en este proyecto. En otras palabras, no existe otro ecosistema en el planeta con una productividad primaria tan alta como la de los pantanos y en general zonas bajas tropicales; de ello deberían derivarse sistemas productivos altamente eficientes para cubrir las necesidades humanas. La realidad es, que es muy poca la experiencia en ese sentido y muy rápido el avance en la desecación de pantanos y otros sistemas húmedos de alta productividad biológica (Olguín, 1991).

El Cuadro 1 muestra la producción comparativa de diferentes ecosistemas del planeta, en el cual se resalta la posibilidad real de generar agroecosistemas; es decir, sistemas modificados y operados por el hombre con posibilidades de conservación, producción sostenida y productividad tan alta como la de los ecosistemas naturales de las tierras bajas.

Cuadro 1. Productividad primaria de los principales ecosistemas de la biosfera.

Tipo de Ecosistema	Area 10 ⁶ km ²	Prod.Prim.Neta G/M ² /Año
Bosque tropical lluvioso	17.0	1000-3500
Bosque boreal	12.0	400-2000
Sabana	8.5	250-1200
Desierto y semidesierto	18.0	10- 250
Tierra cultivada	14.0	100-4000
Pantano y marisma	2.0	800-6000

Extractado de: Whittaker and Likens, 1975.

En estas zonas se pueden producir hortalizas hidrófilas capaces de prosperar en ambientes muy húmedos, con altos rendimientos por cosecha y los cuales bromatológicamente contienen altos contenidos protéicos y carbohidratos de excelente digestibilidad para ser utilizados para consumo humano y/o animal, como lo es la Malanga (*Colocasia esculenta* (L) Schott) y la Espinaca de Agua

* Investigadores del Área Manejo Integral de los Recursos Naturales de las Zonas Bajas (MIRNZZB), del Centro Regional de Extensión, Capacitación e Investigación para el Desarrollo Agropecuario del Trópico Húmedo (CRECIDATH), perteneciente al Colegio de Postgraduados (CP).

(*Ipomoea aquatica*). Además pueden explotarse, por medio de la acuicultura, la mayoría de los cuerpos de agua existentes en estos ecosistemas.

Los trabajos que se han generado en el CRECIDATH-Area MIRNZB (en proceso de validación), han demostrado que el uso de estos recursos pueden ser la base para desarrollar sistemas de producción intensivos, como es el caso de la elaboración de dietas que fueron probadas en bovinos, los cuales lograron alcanzar incrementos en su peso diario de más de 1000 gramos en promedio durante más de 100 días (Olguín y Ruiz, 1990a). Con Malanga y Harina de Pescado se elaboró un alimento balanceado que fue suministrado a cerdos, los que además forrajearon en "Praderas Hidrófilas" de Espinaca de Agua, logrando en 16 semanas un crecimiento más rápido, llegando a la talla comercial en menor tiempo (Olguín y Ruiz, 1990b).

Para tilapia, utilizando ingredientes como Malanga (*Colocasia esculenta*), peces nativos (*Poecilia* sp) y un helecho acuático (*Azolla* sp), se elaboraron dietas cuyos resultados permitieron apreciar que el crecimiento de estos organismos fue similar al producido con alimento comercial (Olguín *et al.*, 1990).

Asimismo, en langostino "Manos de Carrizo" al utilizar en una dieta Malanga (*C. esculenta*) y Peces Nativos (*Poecilia* sp), no se encontraron diferencias significativas en cuanto a crecimiento al compararla con el alimento comercial (Rodríguez y Rodríguez, 1991).

En la comunidad de Santa Rosa, Papaloapan, Municipio de Tuxtepec, Oax., ubicada en la región de Tuxtepec al Norte del Estado de Oaxaca, existen terrenos muy fértiles que en su mayoría son dedicados al cultivo de plátano y en menor proporción para el maíz, frijol y hortalizas. Dichos terrenos están alternados con considerables extensiones de zonas bajas que a la fecha no han sido explotadas eficientemente. Además cuentan con terrenos de agostadero, en los cuales existen áreas potenciales para el establecimiento de sistemas productivos autosostenibles. Aunado a esto, en los últimos tres años el cultivo de plátano se ha visto seriamente afectado por la Sigatoka negra, enfermedad que ha dañado gravemente la economía de los productores de la comunidad y de la región, como sucedió en algunos países de Centroamérica, como es el caso de Costa Rica que en algunas de sus regiones plataneras optaron por dedicarse al cultivo de tubérculos como la Malanga, Macal y otros.

Ante esta problemática y con la necesidad de obtener nuevos ingresos que les permita superar la situación económica por la que atraviesan estas familias, algunos de los ejidatarios de esta comunidad, sabiendo que el CRECIDATH ha desarrollado y probado tecnologías para la utilización de tierras bajas, se han acercado al Centro solicitando Asistencia Técnica para la mejor utilización de sus recursos.

El establecimiento de Módulos de Manejo Integral de los Recursos Naturales en esta región es desde el punto de vista técnico una opción que permite utilizar tierras que de otra forma resultan muy difíciles de explotar permanentemente por técnicas convencionales de agricultura o ganadería extensiva y dar alternativas de producción para terrenos subutilizados en el cultivo de plátano.

Desde el punto de vista social, la mayoría de los campesinos que componen este Ejido pueden ser considerados dentro del grupo de marginados, a pesar de que cuentan con terrenos con abundancia de agua, nutrientes y energía lumínica la mayor parte del año. Por ello, resulta justificable intentar nuevas opciones de uso de los recursos, siempre y cuando los productores sean capaces de entender su verdadero papel en cuanto a la superación de sus problemas y hagan realidad la labor de autogestión.

Con el establecimiento de dichos Módulos se pretenden divulgar las tecnologías generadas por CRECIDATH, al igual que definir y operar programas de capacitación integral básica, así como promover la coordinación de productores, instituciones y dependencias relacionadas con el Sector Agropecuario.

METODOLOGIA

Para el logro de los objetivos antes expuestos, se formuló una estrategia que contiene los siguientes procesos: a) Formación del Cuerpo de Extensión: se conformó por un grupo interdisciplinario (Area MIRNZB) que durante más de 10 años ha trabajado en investigaciones tendientes a la generación de tecnologías apropiadas para el desarrollo integral de Ecosistemas de Zonas Bajas Tropicales; b) Selección de los Agentes de Cambio: se seleccionaron en base a las siguientes características, de preferencia oriundo de la región, profesión relacionada con el Desarrollo Agropecuario en su sentido más amplio, experiencia en el trato a productores; c) Formación de los Agentes de Cambio: éstos se capacitaron en

RESULTADOS Y DISCUSION

aspectos técnicos interdisciplinarios relacionados con el Manejo Integrado de Recursos Naturales de Zonas Bajas; d) Selección de las Comunidades: se eligieron en base a un diagnóstico regional que reflejara las características elementales para el establecimiento de Módulos de MIRNZZB; e) Elaboración del Plan de Trabajo: se basó en metodologías participativas sencillas que involucraron a Dependencias del Sector, Dependencias Gubernamentales, Autoridades Municipales, Ejidales y especialmente a los productores de las comunidades. Los puntos básicos que conformaron este plan son: Diagnóstico Integral de la Comunidad, Propuesta Postdiagnóstico, Programación de Actividades y Plan de Capacitación; f) Ejecución del Plan de Trabajo: se discutió el plan ante los productores y técnicos involucrados con la finalidad de realizar los ajustes necesarios y formalizar las acciones programadas antes de iniciar su ejecución.

La metodología seguida en el módulo piloto "Santa Rosa" para lograr los objetivos planteados en un año de trabajo, se muestra en los Diagramas 1,2,3,4 y 5, los cuales se explican a continuación con las tácticas empleadas para su ejecución, mismas que seguirán siendo la base para los trabajos futuros en este grupo y para otros que se formen en la región.

DIAGRAMA 1. Muestra el proceso seguido para la identificación de los recursos naturales, humanos, financieros, materiales e institucionales, que sirvieron para conocer la comunidad.

DIAGRAMA 2. Representa los tipos de capacitación necesaria y la forma simultánea en que se abordó para cumplir los objetivos propuestos.

DIAGRAMA 3. Muestra las técnicas seguidas en la capacitación de tipo jurídica, consecuente de la consolidación del grupo de productores en la proyectada Sociedad Cooperativa Unidad y Progreso en Oaxaca, al igual que las instituciones o dependencias participantes en dicho proceso.

DIAGRAMA 4. Muestra los métodos seguidos por los capacitadores (Extensionista e Integrantes del Área MIRNZZB) y los temas abordados en la capacitación técnica.

DIAGRAMA 5. Representa los métodos y los temas abordados por las instituciones o dependencias para llevar a cabo la capacitación de tipo administrativa.

Considerando las características de las comunidades y la problemática existente, se lograron conjuntar grupos de productores interesados, con los que se inició el proceso de capacitación para el establecimiento de Módulos de Manejo Integral de Recursos Naturales.

La capacitación, como se había planeado, fue un proceso dinámico en el cual prevaleció una relación recíproca entre el trabajo y el aprendizaje, cubriendo los aspectos jurídicos, técnicos y administrativos.

Como resultado del proceso de capacitación a un año de haber iniciado actividades, se ha logrado lo siguiente:

1. Organización de grupos de productores. Se ha consolidado la formación del grupo del Ejido Santa Rosa "Sociedad Cooperativa Unidad y Progreso en Oaxaca". Con este antecedente se ha logrado que otros grupos se interesen, como son San Bartolo y Santa Teresa, que están por firmar un convenio de participación con la Sociedad Cooperativa ya mencionada.

2. Establecimiento en 0.75 ha de una parcela comercial de Malanga en Asociación con plátano, en la que se obtuvo un rendimiento equivalente de 13.3 ton ha⁻¹ de Malanga en 8 meses de cultivo (julio-febrero). De esta producción se lograron exportar a la ciudad de San Francisco, California, U.S.A., 8 toneladas de Malanga, con un valor de \$ 300.00 kg⁻¹. Esta experiencia sirvió para determinar costos de cultivo en parcelas comerciales y abrir los canales de exportación para este producto. Las 5.3 ton restantes sirvieron de semilla para el establecimiento de 8 ha; el precio de planta para semilla se cotizó en \$100.00, lo que reportó un valor de \$7'579 000.00.

3. Se establecieron sistemas de producción agroacuícolas, sembrando Espinaca de Agua en dos parcelas, una de 320 m² (para consumo humano) y otra de 160 m² (para alimentación de ovinos), en un cuerpo de agua temporal de poca profundidad. En el estanque de 320 m² se sembraron 2 500 crías de tilapia nilótica, variedad Stirling, logrando con esto aumentar el recurso pesquero del lugar.

DIAGRAMA 1

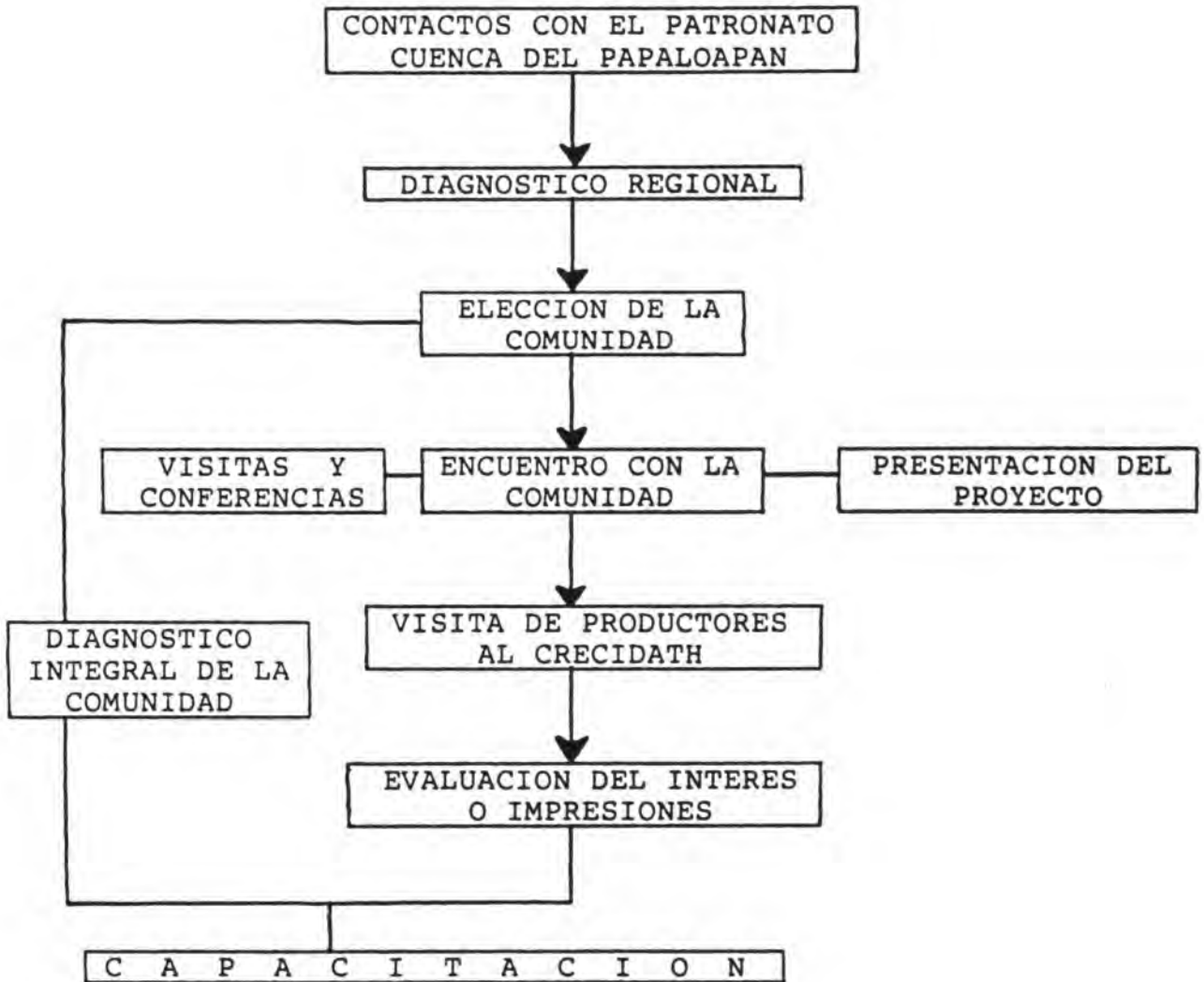


DIAGRAMA 2

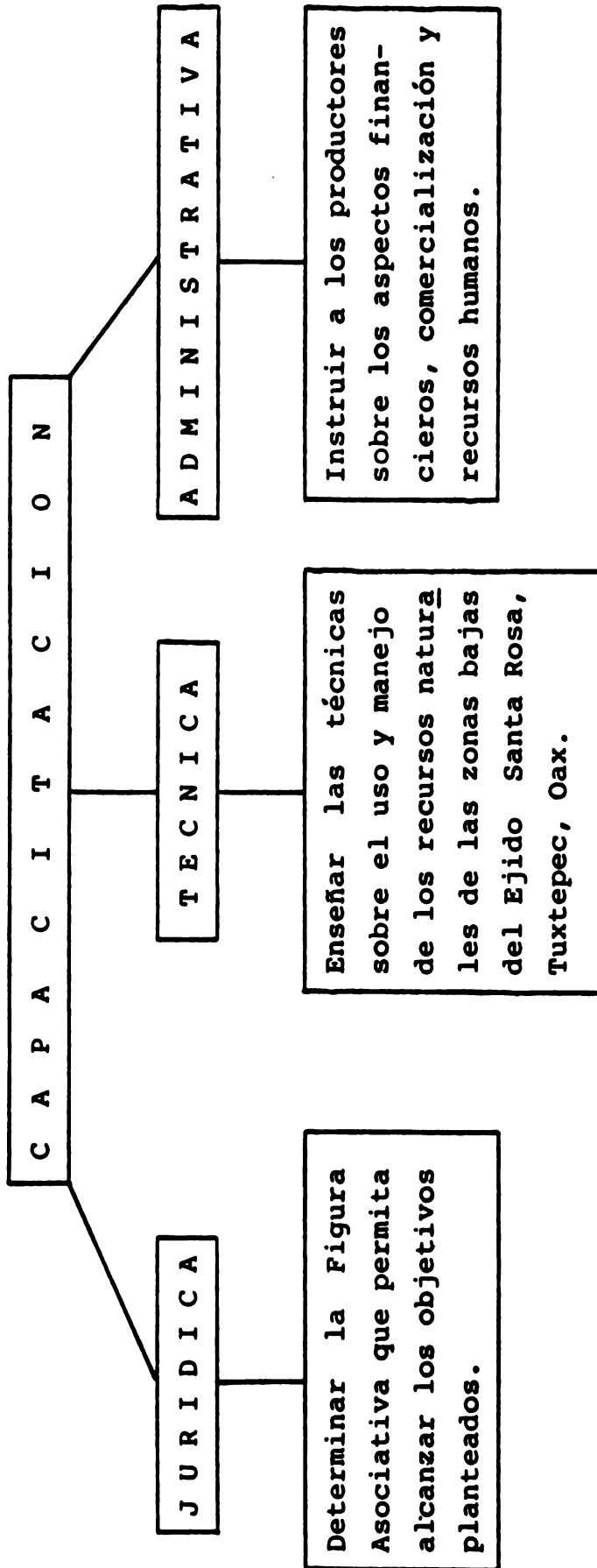
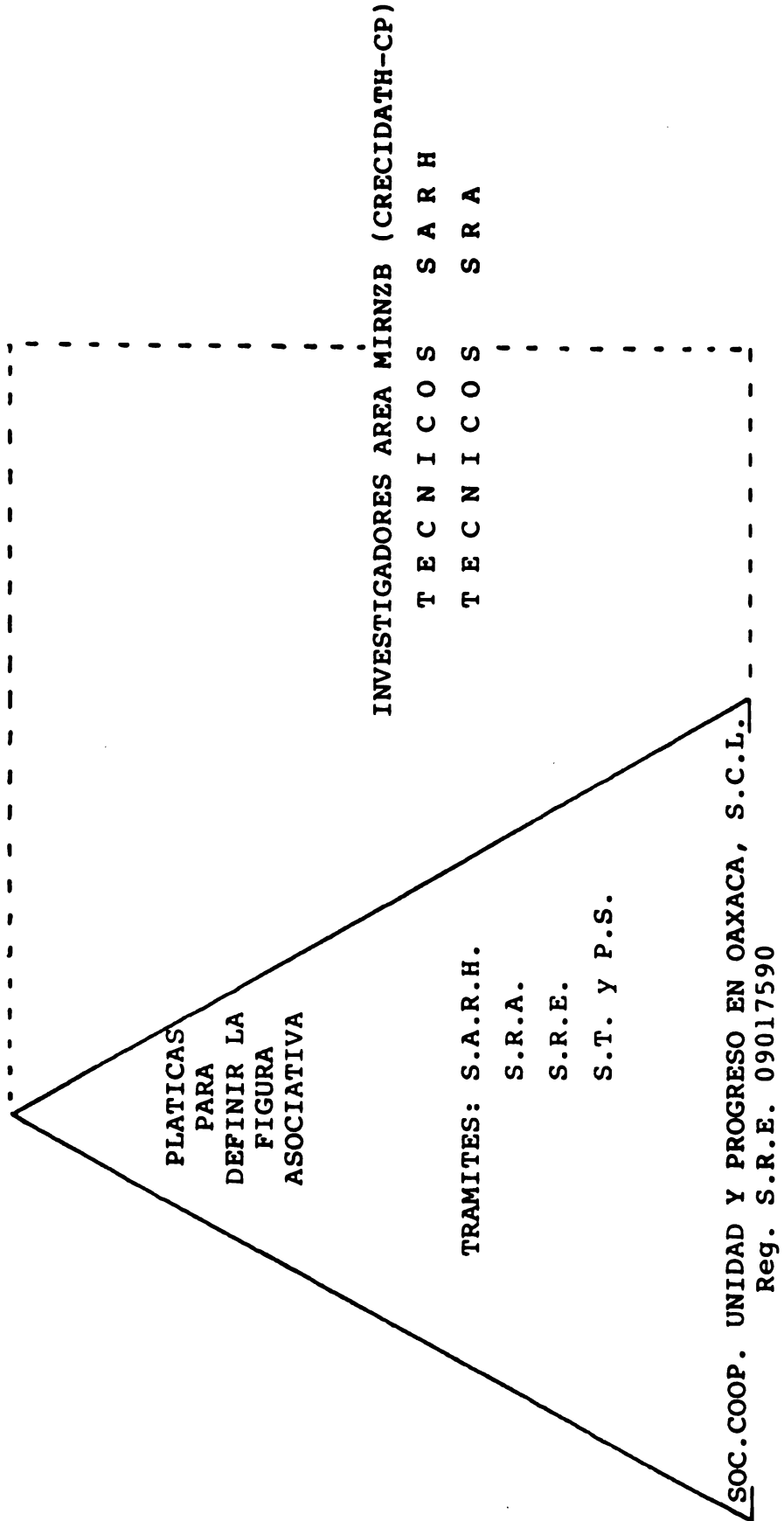


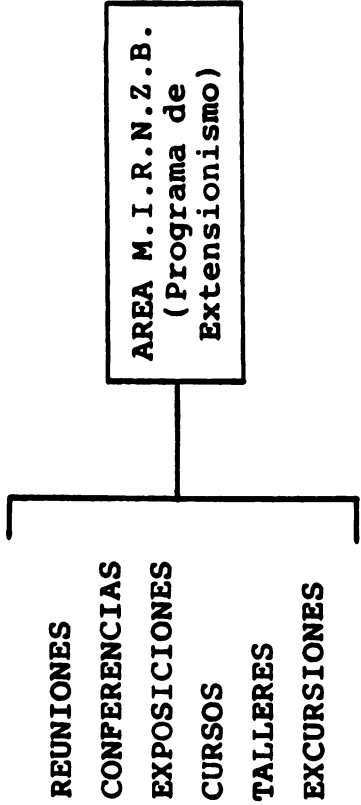
DIAGRAMA 3

C A P A C I T A C I O N D E T I P O J U R I D I C A



C A P A C I T A C I O N T E C N I C A

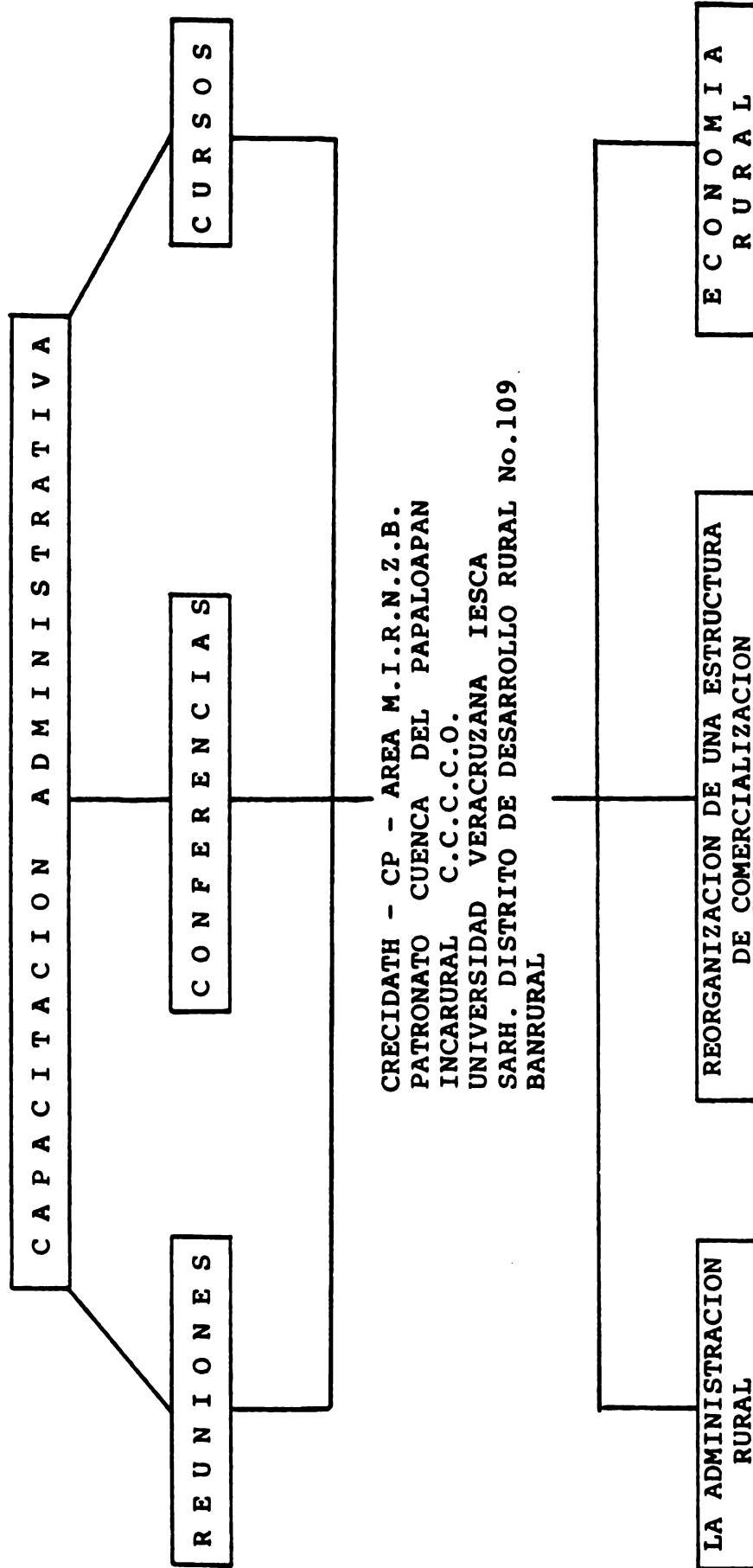
M E T O D O S



T E M A S

- MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS BAJAS.
- CULTIVO DE PLANTAS HIDROFILAS
 - Malanga (Colocasia esculenta)
 - Espinaca de Agua (Ipomoea aquatica)
- ACUACULTURA
 - Piscicultura
- ELABORACION DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA CONSUMO ANIMAL A PARTIR DE PRODUCTOS NO CONVENCIONALES (Malanga y Espinaca de Agua)
- ADOPCION DE ESPINACA DE AGUA Y MALANGA EN LA DIETA DIARIA DE LOS POBLADORES DE LAS COMUNIDADES DE LA REGION.

DIAGRAMA 5



4. Establecimiento de un sistema apícola.

5. La Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Oaxaca donó 30 hembras ovinas, raza pelibuey, con lo que se ha iniciado un programa de capacitación en el manejo del hato y en su alimentación mediante hojuelas de Malanga y Espinaca de Agua.

6. La capacitación sobre elaboración de alimentos para consumo humano, a base de las hortalizas hidrófilas mencionadas, se ha hecho con esposas de productores y ecónomas de los albergues infantiles de la SEP. A la fecha, estas hortalizas ya han sido adoptadas en la dieta diaria de los pobladores de la región y en la de los internos del albergue de Tuxtepec.

7. El Instituto de Investigación y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas (IIESCA) de la Universidad Veracruzana, realizó un estudio sobre el establecimiento de una agroindustria productora de alimentos balanceados a partir de recursos no convencionales. Este estudio fue el tema de tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, de dos alumnos del mencionado Instituto.

8. Se inició un estudio sobre acolchamiento con vegetación acuática en cultivos de plátano macho, con el objetivo de observar el efecto de esta adición en la retención de humedad, en el aumento del contenido de materia orgánica en el suelo y en la regulación de la temperatura en la zona de raíces.

9. La difusión del uso de estas hortalizas para consumo humano se ha hecho mediante muestras gastronómicas, interviniendo en la preparación de los platillos las esposas e hijas de productores y las ecónomas de los albergues, en coordinación con compañeras del Area MIRNZZB. A la fecha se han elaborado dos recetarios de cocina, producto de estas experiencias.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de la estrategia planteada para este trabajo, permiten concluir que es posible establecer Módulos Comerciales de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales

en el Trópico Mexicano, considerando para ello como parte fundamental los siguientes aspectos:

- Coordinación de instituciones de investigación, apoyo y fomento, relacionadas con el Sector.
- Realización de diagnósticos integrales de los Ejidos o comunidades.
- Identificación y organización de los verdaderos productores.
- Capacitación integral en el manejo de recursos naturales, humanos y financieros.

LITERATURA CITADA

Rodríguez S.S.; Rodríguez R.J.L., 1991. Alimentación de langostino (*Macrobrachium acanthurus* (Weigman)) utilizando recursos no convencionales de las zonas bajas del trópico húmedo; Malanga (*Colocasia esculenta* (L) Schott) y pequeños peces nativos (*Poecilia* sp) comparados con un alimento comercial. Tesis de Licenciatura. ITMAR, Ver.

Rodríguez S.S.; Olgún P.C.; Solís G.M., 1992. Estrategia para el establecimiento de un módulo de manejo integral de los recursos naturales en el Ejido Santa Rosa, Tuxtepec, Oax. Coloquio Mesoamericano Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. 22-26 junio. Montecilio, Méx.

Olgún P.C., 1990. Manejo integral e intensivo de recursos naturales del trópico húmedo; generación y transferencia de tecnología. Primera Reunión Internacional sobre experiencias de manejo sostenible de los recursos naturales del trópico húmedo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 30 pp.

Olgún P.C., 1991. Desarrollo integrado de sistemas productivos en humedales tropicales. Presentado en el Simposio Taller Internacional Camellones Tropicales. 28 de febrero, 1 y 2 de marzo. Villa Hermosa, Tabasco, Méx. 28 pp.

Olgún P.C.; Reta M.J.L.; Del Castillo G.O., 1990. Utilización de ingredientes no convencionales *Azolla* sp., Malanga (*C. esculenta*) y pequeños peces nativos (*Poecilia* sp) de las zonas bajas tropicales en la elaboración de tres dietas para tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*). Memorias del IV Congreso Nacional de Acuicultura AMAC'90.

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, Méx.

Olguín P.C. y Ruiz R.R., 1990. Engorda de cerdos con productos no convencionales de las zonas bajas tropicales bajo condiciones de semiestabulación. Segunda Reunión sobre Producción Animal Tropical. CEICADES-CP; FMVZ-UAY. Mérida, Yucatán Reporte Técnico. Presentado como cartel. Versión en texto publicada en Memorias de la III Reunión de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx.

Olguín P.C. y Ruiz R.R., 1990. Utilización de productos subexplotados de las zonas bajas tropicales para suplementar novillos en engorda bajo forrajeo restringido en Pasto Pará (*Brachiaria mutica*). Memoria de Avances en la Investigación en el Colegio de Postgraduados 1990. Unidad de Congresos del Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Presentación en cartel en la Segunda Reunión sobre Producción Animal Tropical. CEICADES-CP; FMVZ-UAY. Mérida, Yucatán. Reporte Técnico.

Whittaker, R.H. and Likens, G.E. 1975. The biosphere and man. In: Primary productivity of the biosphere. Ed. by H. Lirth & R. Whittaker, Springer-Verland, N.Y.

LA CRISIS DE LA AGRICULTURA INDUSTRIAL Y LA BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS SUSTENTABLES.

Dr. Tomás Martínez Saldaña, Lic. Fernando Bejarano González
Centro de Estudios del Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados.¹

Queremos presentar ante ustedes unas breves reflexiones para ilustrar el contexto en el que se desarrolla la búsqueda de una agricultura alternativa a la crisis ecológica y social provocada por la agricultura industrial a nivel mundial.

Por agricultura industrial entendemos al conjunto de técnicas, paquetes tecnológicos y relaciones sociales que cuentan entre sus características: La dependencia de insumos provenientes de energías fósiles, es decir del petróleo y su transformación petroquímica en fertilizantes y plaguicidas que buscan compensar las alteraciones ecológicas del sistema agrícola; los procesos de mecanización que buscan un ahorro creciente de fuerza de trabajo; la dependencia de semillas de alto rendimiento manipuladas genéticamente; el suministro de agua en sistemas de riego intensivo, resultado generalmente de grandes obras hidráulicas para la extracción de mantos acuíferos subterráneos y la modificación de cuencas hidrológicas. Además de estas características tecnológicas podemos añadir otras de tipo social como son el control transnacional de estos insumos en el mercado mundial, la dependencia de los pequeños productores a mecanismos financieros externos y a los precios internacionales de sus alimentos, fibras y materias primas determinados en gran medida por las variaciones del mercado mundial y las políticas agrícolas de sus gobiernos.

Este modelo de Agricultura industrial fue impulsado sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial, por parte de Gobiernos, Organismos internacionales de crédito y Corporaciones transnacionales como parte de una estrategia tecnológica y comercial que revolucionó la agricultura en los países del Norte y se promovió como modelo a seguir por los países del Sur, sobre todo con la llamada "Revolución Verde", de la que fue cuna nuestro país gracias a la política de investigación diseñada por la fundación Rockefeller que recibió el apoyo del gobierno mexicano poscardenista².

La Crisis ecológica de los sistemas agrícolas industriales intensivos y especializados.

La contaminación por plaguicidas, síntoma de la crisis de la agricultura industrial³

En primer lugar, queremos evocar a la destacada bióloga Rachel Carson, al cumplirse el pasado septiembre, 30 años de la publicación de su libro "La primavera silenciosa" donde denunció con rigor científico y con un gran estilo literario, los graves daños causados por el uso indiscriminado de plaguicidas químicos en el combate de plagas agrícolas, forestales y urbanas.

Rachel Carson en su libro, nos presentó una serie de daños ambientales y a la salud provocados por el uso indiscriminado de plaguicidas. Daños que la realidad y la investigación científica posterior ha confirmado, tales como: la contaminación del agua, la afectación de los microorganismos del suelo, la muerte masiva de aves, peces y animales marinos, los daños reproductivos en la vida silvestre, la gran persistencia en el ambiente de plaguicidas organoclorados, hasta por decenas de años, así como la bioacumulación de residuos organoclorados a través de las cadenas tróficas y su paso a otras generaciones, incluyendo al hombre por la transmisión a través de la placenta o leche materna.⁴

² Sobre la influencia de la Fundación Rockefeller en la definición del paradigma científico que guió las investigaciones de la Oficina de estudios Especiales y después el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) consúltese: Bruce H. Jennings Foundations of International Agricultural Research. Science and Politics in Mexican Agriculture. Westview Special Studies in Agricultural Science and Policy. 1998 USA.

³ Por plaguicidas nos referimos a las sustancias químicas empleadas en el combate a las plagas o vectores transmisores de enfermedades que afectan al hombre o a los animales y que comprende a los insecticidas, herbicidas, fungicidas etc según sea el objeto de su ataque. Para una visión general de los distintos grupos químicos en los que se dividen consúltese: Lilia A. Albert Coord. Los plaguicidas el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo Primera ed. 1990. México DF.

⁴ Para información más precisa con datos a nivel mundial de México véase por ejemplo la publicación de Greenpeace. Los plaguicidas continúan envenenando: a 30 años de Primavera Silenciosa. Sept 1992. Apartado postal 76-210 CP 04201 México DF.

¹ Montecillo, Estado de México. CP. 56230. Tel. (595) 4 59 23.

Aunque los ejemplos que aparecen en "Primavera Silenciosa" se refieren a los Estados Unidos, los problemas señalados han aumentado al extenderse la producción y uso de plaguicidas como resultado de la expansión de la agricultura industrial. En 1962 se producían mundialmente 900 mil ton de plaguicidas formulados, actualmente se ha incrementado en 3 millones de ton. y los mercados del llamado Tercer mundo esperan doblar su tamaño en los próximos 10 años.⁵

Aunque muchos de los plaguicidas organoclorados denunciados por Rachel Carson se encuentran ahora prohibidos en la mayoría de los países del Norte, muchos aún se siguen usando en los países del Sur, como en México. Además se han desarrollado nuevos compuestos químicos que si bien son menos persistentes en el ambiente, aumentan su peligrosidad para el ser humano, tal es el caso de los insecticidas organofosforados y carbamatos responsables de la mayoría de los 25 millones de envenenamientos que anualmente padecen los trabajadores agrícolas en los países pobres.⁶

Otros impactos a la salud humana provocados por el uso indiscriminado de plaguicidas incluyen además de envenenamientos agudos, daños al sistema nervioso y efectos crónicos como el cáncer, daños genéticos y depresión del sistema inmunológico.

La resistencia de los insectos a los plaguicidas, que fue otro problema planteado por Rachel Carson, ha aumentado considerablemente desde entonces. En 1992 más de 650 especies de malezas, hongos e insectos han desarrollado mecanismos de resistencia.⁷ Este es un fenómeno inevitable si a esas poblaciones se les somete a una presión de selección continua, por el aumento de las dosis, de las aplicaciones y por mezclas de dos o más plaguicidas de distinto grupo toxicológico. Las investigaciones modernas para medir la resistencia a insecticidas, identificar su grupo toxicológico, su efectividad y la secuencia de su uso pueden reducir el número de aplicaciones y las dosis, retardando la aparición de la resistencia pero no la eliminan.

⁵ Cifras tomadas del artículo "1962-1992 Silent Spring: Record of achievement" por David Buffin y Nigel Dudley en Pesticide News. The Journal of the Pesticide Trust. 17 issue Sept. 1992 London UK.

⁶ Jeyaratnam J. 1990. Acute Pesticide Poisoning: A mayor global health problem. World Health Statistics Quarterly. 43: 139-144.

⁷ Georghiou, G. and Lagunes Tejeda A. The Occurrence of resistance to pesticides in Arthropods. FAO.

Este es un fenómeno que abarca todos los grupos químicos de los plaguicidas, desde los organoclorados, hasta los organofosforados, carbamatos y los piretroides.

Investigaciones recientes han documentado otros males como: la amplia movilidad de los plaguicidas en la atmósfera no sólo del reducido grupo de Insecticidas organoclorados o de la primera generación, sino también de herbicidas que contienen cloro en su estructura, como la *Atrazina* y *Alachlorde* amplio uso actual y que regresan en el agua de lluvia y en neblinas tóxicas alejadas miles de kilómetros de los lugares de aplicación.⁸ De la contribución de los plaguicidas a los nuevos problemas ambientales globales nos ocuparemos más adelante.

Otros síntomas de la crisis:

Los daños a la salud, al ambiente y al agroecosistema provocados por el uso de los plaguicidas forman parte de un primer grupo de problemas ambientales ocasionados por los paquetes tecnológicos que la industria ha desarrollado para impulsar sistemas agrícolas intensivos y especializados. Ejemplos de ello son: la salinización de las tierras agrícolas resultado de sistemas de riego permanente; la sobreexplotación de los mantos acuíferos; la contaminación del agua por un exceso de nitratos provocada por los fertilizantes químicos y que puede provocar graves daños a la salud humana como cáncer gástrico; la compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada; la erosión del suelo, resultado del uso de fertilizantes y plaguicidas que van minando su fertilidad natural, y también de una excesiva labranza que acelera la erosión del viento y agua; la pérdida de hábitats y especies silvestres, provocada por el uso de plaguicidas; la erosión genética provocada por la uniformidad del germoplasma bajo control transnacional que va sustituyendo la diversidad de las variedades criollas. Fenómenos que forman parte del cambio en las prácticas culturales agrícolas que acompañan la expansión y especialización de los monocultivos.

⁸ Ver "Noticias internacionales" del Boletín de la red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México (RAPAM) Núm. 2 Marzo de 1992 P. 6. Apdo. postal 76-175, México DF. CP. 04201

La Crisis social del pequeño agricultor y de las comunidades rurales.

A los problemas ambientales enlistados hay que agregar un segundo grupo de problemas sociales rurales: La expulsión de la población del campo a los centros urbanos o a situaciones de trabajo migratorio bajo condiciones de explotación; la ruina de los pequeños productores por un endeudamiento creciente; la concentración de la propiedad de la tierra y el control de las corporaciones agroalimentarias, todo lo cual conduce a la destrucción de las comunidades rurales. Este es un fenómeno mundial pero especialmente grave en los países con una rica y larga tradición campesina e indígena en países de Asia, África y América Latina que, como en México forma parte de nuestra herencia histórica y diversidad cultural.

La contaminación de los alimentos y los riesgos del consumo.

Un tercer grupo de problemas se refieren a la calidad y seguridad de los alimentos que son producidos y procesados usando los métodos industriales dominantes y que son ofrecidos a las grandes masas de consumidores. El uso de peligrosos aditivos, saborizantes, edulcorantes y preservativos, la mayoría de ellos sólo para propósitos cosméticos, con poco o nulo valor nutritivo, representan una serie de riesgos a la salud, pues en su mayoría no están regulados o no han sido evaluados totalmente.

El mismo problema, pero a una escala mayor, se presenta con los residuos de plaguicidas en los alimentos cuyos "niveles máximos permisibles" y "niveles de ingestión diaria admisible" son cuestionados por no reflejar los riesgos reales en las dietas cotidianas, ni las diferencias en sensibilidad, edad, sexo y reacción sinérgica.

Los efectos crónicos de una exposición continua a bajísimas dosis de plaguicidas es aún terreno de incertidumbre científica, pero lo que es cierto es que no puede haber un nivel seguro para sustancias que provocan cáncer, pues actúan a nivel individual celular.

La polémica actual sobre la venta de "alimentos irradiados" que prolongan su apariencia fresca pero encubren su estado real es otro aspecto de este grupo de problemas.

Un cuarto grupo de problemas se refieren a las llamadas "granjas industriales" donde se cuestiona la producción intensiva de animales o sus derivados usando sustancias y tecnologías cuestionables por el uso intensivo de antibióticos y hormonas para acelerar el crecimiento, muchas de ellas prohibidas en Estados Unidos o Europa por su evidencia carcinogénica.

Las limitaciones de la Biotecnología bajo control transnacional.

La biotecnología en manos de las transnacionales se ha dirigido a renovar los paquetes tecnológicos bajo su control, como es el caso de las plantas modificadas genéticamente para resistir el uso de herbicidas producidos por las mismas corporaciones. O bien en la producción ganadera, la manipulación genética de hormonas animales como la Bovina Somatropina inyectada a las vacas para aumentar la producción de leche, pero que reduce en una tercera parte la expectativa de vida animal además de que aún no se ha estudiado los efectos que sus residuos puedan tener en los humanos. Hormona en moratoria en Europa y en Estados Unidos, pero comercializada en México por la Monsanto.

Nuevas amenazas ambientales globales: El calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono.

La dependencia sobre combustibles fósiles de la sociedad industrial, con la emisión de bióxido de carbono y otros gases son la causa del llamado calentamiento global del planeta o efecto invernadero. Aunque las fuentes de estas emisiones se localizan principalmente en la industria y en las ciudades, la dependencia de la agricultura industrial sobre estos mismos combustibles y de sus insumos petroquímicos, además de los sistemas de transporte a los centros de consumo y el procesamiento industrial de los alimentos contribuyen también a esta amenaza global. El calentamiento global del planeta amenaza con transformar el clima y la distribución geográfica de los cultivos al aumentar el calor, la temporada de sequía y cambiar la estación de lluvias.

De igual forma, la contaminación industrial y en especial un tipo de organoclorados, los llamados Clorofluorocarbonos (CFCs) son los responsables de la destrucción de la capa de ozono, que nos protege

de las peligrosas radiaciones ultravioletas, como consecuencia de ello, la incidencia de los índices de cáncer en la piel han aumentado en los países del Norte y en los países cerca de la Antártida como Chile. El incremento de radiaciones ultravioleta también pueden afectar a ciertos cultivos, reducir su crecimiento y valor nutricional así como hacerlos más susceptibles a las enfermedades. Los plaguicidas también han sido causa de este fenómeno; recientemente un estudio de las Naciones Unidas ha calculado la contribución del fumigante Bromuro de metilo como responsable de un 10 % de la destrucción de la capa de ozono a nivel mundial, dada su mayor capacidad destructora que los CFCs.⁹ El Bromuro de metilo es uno de los 20 plaguicidas más utilizados en Estados Unidos y de amplio uso en México.

Globalización de la agricultura e integración desigual al mercado mundial.

La integración desigual de los agricultores de los países del Sur a los sistemas agrícolas de los países del Norte crea otro conjunto de problemas. Esta situación tiene sus raíces históricas, hace 500 años, en la expansión colonial de Europa sobre los pueblos de América, África y Asia por la que se forma el mercado capitalista mundial. Desde entonces el intercambio desigual de las materias primas, la orientación agroexportadora de muchas economías, cuyos recursos y tierra se han especializado en muchas regiones para producir alimentos para la población y animales de los países del Norte, mientras que los agricultores del Sur tienen que competir contra la sobreproducción de alimentos que inunda el mercado mundial a precios subsidiados por el Norte.

La Transferencia de Tecnología y productos contaminantes de los países del Norte al Sur.

A las restricciones para el uso interno de plaguicidas que van desde su prohibición hasta el no conceder el registro para uso interno en los países del Norte, las Transnacionales han respondido transfiriendo sus plantas de producción o expandiendo los mercados de estos productos a los países del Sur con menores regulaciones ambientales. Por ejemplo, el 25% de los plaguicidas

⁹ UNEP, 1992, Synthesis report of the Methyl Bromide Interim Scientific Assessment and Methyl Bromide Interim Technology And Economic Assessment. UNEP Nairobi. Citado en Greenpeace. Los plaguicidas...op cit.

exportados por los Estados Unidos son productos prohibidos o sin registro interno por los daños a la salud y al ambiente.¹⁰

¿Sustitución tecnológica del mismo modelo o cambio de rumbo?

Vistos en forma separada este conjunto de problemas ambientales y sociales pueden en un enfoque reduccionista considerarse como meros efectos secundarios de un sistema industrial próspero, y por tanto, susceptibles de tener solución por la mera sustitución o mejoramiento tecnológico de sus componentes, sin considerar cambios en la lógica social productiva. Es este enfoque el que promueven las transnacionales, preocupadas porque las enormes sumas invertidas en las investigaciones para sacar nuevos productos se recuperen, manteniendo el control de las patentes y recomponiendo los paquetes tecnológicos actuales. Sin embargo, los problemas sociales y ambientales vistos en conjunto nos indican una profunda crisis ecológica, económica y cultural del modelo de Agricultura industrial.

Visionaria de esta crisis, Rachel Carson señalaba en el último capítulo de su libro:

"Nos encontramos en una encrucijada (.el camino.) que hemos estado siguiendo es de una facilidad que decepciona, una carretera de primerísimo orden por la que progresamos a gran velocidad, pero a cuyo fin está el desastre. El otro recodo -el camino "menos frecuentado"- ofrece al final nuestra única oportunidad para alcanzar una meta que asegure la conservación de nuestra tierra."

Y más adelante añade:

"Después de todo, la elección tenemos que hacerla nosotros. Si después de haber aguantado mucho, hemos asegurado nuestro "derecho de saber" y si, sabiendo, hemos llegado a la conclusión de que se nos pide que aceptemos riesgos terribles y disparatados no debemos continuar siguiendo el consejo de los que nos dicen que llenemos nuestro mundo de productos químicos venenosos, tenemos la obligación de mirar a nuestro alrededor y ver qué otra senda se abre ante nosotros!"

¹⁰ Ver Sandra Marquardt. et al. Never registered Pesticides. Rejected Toxics Join the "Circle of Poison". Five Case studies of pesticides manufactured by Dow Elanco, FMC Corporation, Miles Inc (Mobay) and Monanto Agricultural Company. A Greenpeace Report Washington DC. USA February 1992.

¹¹ Rachel Carson. La Primavera Silenciosa. 1962 Ed. Grijalbo Madrid, España.

Ahora sabemos que la encrucijada de la que nos hablaba Rachel Carson se refiere no sólo al abuso de plaguicidas, sino al conjunto de problemas ambientales y sociales que hemos enunciado anteriormente y que requieren una transformación de la agricultura industrial y de los sistemas alimentarios, si queremos superar esta profunda crisis en este fin de siglo y de milenio.

Afortunadamente "El otro camino" no es ya una mera propuesta teórica, sino también la experiencia de agricultores ecológicos a nivel mundial, en movimientos y corrientes autodenominadas como de agricultura biológica, orgánica, regenerativa, de bajos insumos externos, permacultura, natural.¹²

Resulta alentador que en nuestro país se haya formado recientemente la Asociación Mexicana De Agricultores Ecológicos (AMAE) que agrupa según sus directivos a 13 mil agricultores, desde propietarios particulares hasta miembros de las 18 organizaciones campesinas que las fundaron.¹³

Queda como un gran reto para los próximos años que este importante esfuerzo de coordinación nacional se expanda y se dirija no sólo a consumidores privilegiados del primer mundo, sino a las masas de consumidores nacionales en productos que formen parte de su dieta básica. Claro que ello no se logrará sin estímulos de la política agrícola y sin una alianza de las organizaciones de productores rurales con grupos ambientalistas y de consumidores, como ocurre en otros países.¹⁴

En nuestro contexto latinoamericano ese otro camino no es ajeno a nuestras raíces históricas, no necesitamos que nos lo vengán a "descubrir" nuevos profetas, las culturas campesinas lo

descubrieron y recrearon hace ya miles de años y es en estas raíces culturales agrícolas donde podemos encontrar fuente de conocimientos y de enseñanzas. Sin embargo, 500 años de colonización y políticas de desarrollo no pasan en vano, y no basta la evocación al "México profundo" para construir hoy una alternativa.

La Agroecología como "disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica"¹⁵ es una propuesta que surge como crítica a las visiones positivistas y unilineales del paradigma científico que legitimó la expansión de la Agricultura Industrial. Es también un esfuerzo por comprender las prácticas campesinas tradicionales en su racionalidad ecológica, y por dar un fundamento científico a nuevas propuestas de promoción rural que tienen como sujeto social a las propias comunidades rurales, en una experiencia que ha sido practicada principalmente por organismos no gubernamentales en América Latina y países de Asia y África.

Es en este contexto que la Agroecología forma parte de la construcción social de un nuevo paradigma que se reconcilia con el saber agrícola campesino, donde el especialista sea capaz de entender la lógica del sistema agrícola y de la unidad ecogeográfica donde trabaja. En este sentido resultan particularmente importante las propuestas de investigación etnoecológica en Latinoamérica.¹⁶

Pero la ciencia tampoco se desarrolla en un vacío histórico, económico y político pues está limitada por obstáculos institucionales, financieros y gubernamentales que van desde el reto a las comunidades científicas e instituciones para cambiar sus valores, sistemas de investigación, enseñanza y transferencia tecnológica, hasta la política gubernamental de investigación científica que establece metas y prioridades en la asignación de recursos.¹⁷

¹² Para una buena síntesis sobre el origen, y presupuestos de cada una de estas corrientes, consúltese a Terry Gips "Sustainable Agriculture: Creating a healthy, Common ground. 1990" en la selección y comentarios de presentación incluidos en Agricultura Sostenible, Antología de Lecturas 1 CEDERU-CP Montecillo, Edo de México. Dic. 1991 compiladas por los autores de esta ponencia.

¹³ La AMAE forma parte de la Federación Internacional de Agricultores Orgánicos (IFOAM). Durante 1992 se estima que los agricultores ecológicos mexicanos exportarán cerca de 20 millones de dólares de productos orgánicos a los países de la CEE y los EU. Circular interna de la AMAE 1992.

¹⁴ En Europa destacan las experiencias de "La Alliance" en Francia, y "SAFE" en Inglaterra que cuestionan la política de integración económica europea que está sacrificando al pequeño productor. La protección ambiental y la salud de los consumidores, agudizando el control transnacional.

¹⁵ Ver Altieri, Miguel A. 1983. Agroecología. Las bases científicas de la agricultura alternativa. Centro de Estudios en Tecnologías Apropriadas para América Latina. CETAL Chile.

¹⁶ Ver por ejemplo. El Juego de la Supervivencia. Un manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica. de Víctor M. Toledo. Centro de Ecología UNAM México y CLADES. Berkeley, California 1991.

¹⁷ Para una mayor reflexión y conceptualización sobre estas barreras, consúltese el trabajo colectivo de Rod J. Mac Rae, Stuart B. Hill, Jhon Henning y Guy R. Mehuys 1989. "Agricultural Science and Sustainable Agriculture a Review of the Existing Scientific Barriers to Sustainable Food Production and Potential Solutions" en Agricultura Sostenible. Antología de Lecturas 2. CEDERU-CP Mimeo, Mayo de 1992 Montecillo, Estado de México.

La construcción social de una agricultura alternativa puede representar para un gran número de pequeños productores una cuestión de supervivencia para sortear la crisis ecológica y económica que los ahoga, recuperando una estrategia de uso múltiple de sus recursos; también la posibilidad de vender a mejor precio sus productos en el mercado "orgánico"; para una nueva generación de agrónomos, la oportunidad de reformar las ciencias agrícolas y de crear un nuevo enfoque interdisciplinario; para la política de los gobiernos, parte de la adopción de un "principio precautorio" para evitar y prevenir los daños ambientales y a la salud provocados por la agricultura industrial; finalmente, es también el derecho de la sociedad civil por construir una agricultura y un sistema alimentario que permanezca en el siglo XXI y que produzca alimentos sanos en formas que nos reconcilien con la obligación moral de cuidar nuestra tierra y de garantizar la supervivencia de las futuras generaciones.

EXPERIENCIAS SOBRE AGRICULTURA NATURAL EN MEXICO

Ing. Jesús Arango Torres
Responsable del área de Agricultura Natural MOA de México.

RESUMEN

El presente trabajo muestra en su fase inicial la implementación del sistema agrícola denominado Agricultura Natural desarrollado por la Asociación Mokichi Okada.

Las actividades se iniciaron hace dos años en un predio de dos hectáreas en la zona de Valle de Bravo, Estado de México. Durante este periodo se han establecido cultivos de maíz, avena, trigo y chícharo simultáneamente en rotación de cultivos y en franjas alternas. También se han cultivado hortalizas como lechuga, coliflor, col, betabel, acelgas y brócoli, para estas especies se ha empleado un compuesto orgánico a base de cascarilla y salvadillo de arroz, tierra, gallinaza y carbón vegetal, previamente sometidos a fermentación.

Con el sistema de manejo del suelo se ha mejorado la permeabilidad, y con la aplicación de abonos orgánicos, el desarrollo de hortalizas ha sido promisorio. Hasta ahora tanto el tamaño de los productos como otros parámetros empleados han sido muy irregulares, por lo que aún no se puede hacer comparaciones con los resultados de la agricultura convencional.

SUMMARY

The present work shows in his initial phase the implementation of the agricultural system which is call natural farming which is developed for the Mokichi Okada Association.

The activities begining since two years ago in a plot about of two hectares of lenght which is located in Valle de Bravo area, Estado de Mexico.

During this term were established corn, oats, wheat and pea farming, simultaneously in rotation of crops and in strip alternating. also were farmed vegetables like it lettuce, cauliflower, beetroot, beet and broccoli, for these kind of vegetables were use one organic compound make of husk and bran of rice, soil, chiken manure, and vegetal coal, which were put in fermentation.

With the sistem of handle soil to use were improved his permeability and with the aplicacion of organics fertilizer the development of vegetables has been great.

Up today as the size of the products as the parameters which were used, it s very irregular, this is the reason by which we can't to make comparations with the outcomes of the conventional farming.

INTRODUCCION

La agricultura moderna basa sus incrementos de producción en los agroquímicos, método que busca un alto rendimiento económico, poniendo como prioritario la utilidad sobre la seguridad del ser humano. Esto ha traído muy diversos problemas de deterioro ambiental y efectos en salud (3 y 4).

A nivel mundial así hacen constar diversas publicaciones como aquella de Rachel Carson, cuya obra lleva por título "La primavera silenciosa". O las bases farmacológicas terapéuticas de Goodman y Gilmans. Estas entre otras obras hacen alusión a los problemas ocasionados por el uso de agroquímicos y sus repercusiones en el ser humano y del ambiente. Nuestro país no es la excepción, existe un gran número de casos de intoxicación o contaminación (4) uno de ellos reportado en el hospital infantil de la Ciudad de México, sobre niños con anemia plástica (comunicación personal) doctor Abel Cruz Bello.

En lo que hace a los fertilizantes químicos, específicamente el exceso de aplicación de compuestos nitrogenados, después de entrar a las plantas, son ingeridos por el hombre y le causan serios estragos (3 y 5).

A este respecto el maestro Mokichi Okada en los años 1930 previó que la humanidad llegaría a tal situación, especialmente en cuanto al debilitamiento de la agricultura moderna y los problemas de salud en el hombre. Con este motivo, él experimentó un método agrícola que está en armonía con el ecosistema y provee al hombre de productos sanos, a este método le llamó Agricultura Natural (1).

UBICACION Y CARACTERISTICAS

La zona, al igual que muchas otras en el país, ha sufrido serias alteraciones, primero por la tala inmoderada y también por la implantación de cultivos netamente comerciales, en este caso es la papa, que si bien ha ayudado a la economía de la región también ha ocasionado una grave alteración en el ambiente, ya que actualmente en dicho cultivo se utilizan tres toneladas de fertilizantes por cada tonelada de semilla al momento de la siembra, aunado a esto, el uso de gran número de pesticidas.

Entre los agricultores hay cierto desconocimiento, ya que si bien algunos hacen prácticas tradicionales en el cultivo de maíz, otros llevan a cabo labores que alteran el suelo propiciando que éste se erosione a tal grado que las propias plantas silvestres no desarrollen.

Con miras a que los agricultores de la zona se interesen en practicar un sistema de agricultura que no dañe el ambiente, la Asociación Mokichi Okada creó un campo experimental donde primeramente se establecieron cultivos en franjas alternas de avena, chícharo y trigo, con objeto de contener la erosión del suelo. En el siguiente ciclo se alternaron los cultivos de maíz, avena y trigo, esto permitió tener material para cobertura seca.

Un área de 3,000 metros cuadrados se ha dedicado a experimentar el cultivo de hortalizas de las cuales se han tenido resultados interesantes, utilizándose exclusivamente compuestos naturales previamente sometidos a descomposición, realizando la siguiente metodología, los materiales que se han empleado son; salvadillo y cascarilla de arroz, tierra, gallinaza y carbón vegetal. En proporción 1: 3: 5: 3: 3: respectivamente, estos materiales se mezclan y se humedecen, a los ocho días se tiene un considerable aumento en la temperatura de la pila por lo que es necesario voltear los materiales. A los 2.5 a 3 meses el material está listo.

La aplicación de cobertura seca tiene grandes ventajas pues permite controlar el crecimiento de hierbas y mantener la humedad del suelo.

Control de plagas

El problema por plagas es reducido probablemente debido al entorno natural donde se encuentra el campo. Cuando se han presentado plagas como pulgones o mosquita blanca se ha recurrido al control manual y a la aplicación de una solución de ajo (una

cabeza mediana de ajo triturada en 100 ml. de agua, se deja reposar 24 horas y se diluye en 15 Lts. de agua). También se han empleado trampas de color amarillo, estos métodos han permitido disminuir la población de plaga.

Hasta ahora las pruebas han versado en:

- Prueba de adaptación de hortalizas.
- Siembra de cultivos en franjas.
- Siembra de cultivos asociados.
- Cultivo de zorzamora.

RESULTADOS

La simple rotación de cultivos no ha permitido mantener la fertilidad del suelo, por lo que se está buscando que dentro de la rotación se incluya un abono verde que tenga buenas características en cuanto a la fijación de nitrógeno. Sin embargo esta práctica así como las franjas alternas han permitido que el suelo adquiera una mejora estructural, lo que permite una adecuada filtración y, por lo tanto, se logra controlar la erosión.

Debido a que los resultados obtenidos son preliminares no se tienen un análisis estadístico que permita evaluar la factibilidad económica de las prácticas probadas cuya utilidad se intentar confirmar en los próximos ciclos agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Asociación Internacional Mokichi Okada. 1981. Introducción a la Agricultura Natural. Tokio, Japón.
- 2.- Mott L. 1987. Pesticide Alert. A Sierra Club Book. USA.
- 3.- OPS. 1980. Criterios de Salud Ambiental. 5 OPS/OMS México, D.F.
- 4.- Restrepo I. 1988. Naturaleza Muerta. Andromeda. México, D.F.
- 5.- Sakamoto K. 1981. La importancia del método de la Agricultura Natural en la Sociedad Moderna. Kyoto, Japón.

FORMACION DEL AGRONOMO ANTE EL UMBRAL DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Santiago Sánchez Preciado y Jesús N. Martín del Campo M.
Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende analizar la problemática existente en los planes de estudio de la carrera de Ingeniero Agrónomo; presentar propuestas para la incorporación del área agroecológica a la currícula; así como, concientizar a los docentes para la aplicación de la agricultura sostenible.

Considerando que la agricultura es una actividad milenaria y que el hombre no ha logrado dominar a satisfacción, debido a que se enfrenta a los paradigmas de un enfoque en la producción excesivamente tecnificada contra una producción sin deterioro del ecosistema natural, que ponga en riesgo la supervivencia de las generaciones futuras.

La aplicación de la agricultura "moderna" requiere del uso de alta energía la cual es mayormente subsidiada por el hombre, a un alto costo económico y, contrastantemente, sus productos no alcanzan valores compensatorios a la inversión de tiempo y esfuerzo empleadas por el productor agropecuario.

Ante esta disyuntiva, se plantea la necesidad de formar profesionales de la agronomía con un sentido más crítico y reflexivo para superar las vicisitudes que imponen las condiciones actuales.

Por todo lo anterior, se concluye que el perfil del Ingeniero Agrónomo del futuro se debe considerar con una nueva cultura agroecológica, un mejor conocimiento y manejo de los recursos naturales para alcanzar un desarrollo sostenible.

Se proponen como necesidades de insertar en la currícula, las siguientes áreas del conocimiento:

1. Planeación;
2. Ecología;
3. Clima;
4. Suelo y
5. Agricultura Sostenible.

Donde en cada una de ellas, existen disciplinas acordes a ellas.

INTRODUCCION

La producción agropecuaria ha girado bajo dos grandes aspectos, el primero es el que establecen las condiciones naturales (clima y suelo), el segundo es el antropocéntrico, o sea, el que establece el hombre según el tipo de satisfactor que requiera.

Es por ello que el hombre a través de sus acciones, algunas positivas pero muchas otras negativas, es el responsable de la situación que guardan en la actualidad los agroecosistemas. En la mayoría de los casos por la fuerte demanda de producción de alimentos para una creciente población, lo cual ha orillado a que hasta la fecha se haya hecho un uso desmedido de insumos desarrollados por el mismo hombre, deteriorando con ello el ambiente; ejemplo de ello es la contaminación a la cual de la Isla de Bauer (1986) la señala como uno de los problemas más graves que enfrenta la humanidad.

La tendencia indica que esta situación se agudizará en los años venideros, ya que la cantidad total de materiales contaminantes se ha incrementado de manera alarmante en los últimos decenios. Así hemos visto como se han devastado grandes extensiones de bosques y selvas para incorporarias a la actividad agrícola afectando enormemente los sistemas biológicos naturales, ejemplos de ellos se tienen en la Selva Lacandona, La Chontalpa y la vasta región del Amazonas, sólo por citar algunos.

En contraste, también ha habido acciones en las que el hombre ha aprovechado las condiciones naturales para producir alimentos, así Hernández (1987) resalta el sistema de tierras drenadas en la antigua ciénega de Tlaxcala, probable precursor de las chinampas; este mismo sistema en las zonas lacustres de la cuenca del Valle de México. El desarrollo del Metlpantl, parcela agrícola orientada en el sentido del contorno y circundada por bordos sobre los cuales se cultivaba maguey para evitar la erosión del suelo. Otro ejemplo es el que se presenta en centro y sudamérica, según lo señala Altieri (1991), donde las culturas que se establecieron en esa vasta región tienen gran conocimiento sobre el medio físico, las taxonomías biológicas folklóricas (o sistemas nativos de clasificación),

sobre prácticas de producción y la naturaleza experimental del conocimiento tradicional.

Por eso es importante traer a colación lo que comentan Toledo *et al* (1985), en México se asume como premisa fundamental que se ha perdido la capacidad para autoalimentarse, consecuencia no del incremento acelerado de su población, ni de las formas agrarias de organización, sino de la expoliación que los productores y sus medios (los ecosistemas) han venido sufriendo a lo largo de los últimos decenios como resultado de la expansión paulatina del proceso de la acumulación de capital, el cual no sólo modifica los destinos mismos de lo que se produce, sino que atenta de manera irreversible contra la renovabilidad de los recursos naturales base misma de la producción.

OBJETIVOS

1. Analizar la problemática existente en los planes de estudio de la carrera de ingeniero agrónomo.

2. Proponer la incorporación del área agroecológica en los planes de estudio de la carrera de ingeniero agrónomo.

3. Conscientizar a los docentes de la carrera de ingeniero agrónomo para la aplicación de la agricultura sostenible en la producción agropecuaria y forestal.

REVISION DE LITERATURA

Méndez (1988), basándose en la problemática actual de México, y sus experiencias personales en docencia e investigación, afirma que es urgente transformar la educación agropecuaria, ya que la acelerada velocidad con que se realizan los cambios tecnológicos y sociales, obligan a la búsqueda de opciones para formar profesionistas capaces de enfrentar situaciones y problemas imprevisibles por su complejidad, tanto técnica y ecológica, como social y política.

Además, avizora el perfil mínimo que debe presentar el nuevo profesionista:

a. Formarse en el método científico y la teoría general de sistemas.

b. Ser profundamente crítico de la realidad y estar convencido de la necesidad de transformación.

c. Capacitarse técnica y socialmente con la generación de alternativas y soluciones para los problemas del agro nacional.

d. Adecuar la tecnología tradicional para hacerla más eficiente y productiva.

e. Ser respetuoso de la cultura campesina.

f. Presentar mayor responsabilidad para cuestionar decisiones gubernamentales, y ser lo bastante analítico para proponer alternativas operativas.

g. Mostrar inquietud intelectual, para capacitarse permanentemente y aportar nuevas soluciones a problemas cambiantes.

Weiss (1988) encuentra necesario analizar y cuestionar el paradigma dominante de "desarrollo agropecuario" y de "progreso científico-técnico", ya que el modelo de agricultura moderna agudiza el deterioro ecológico de los suelos, y aumenta las dependencias alimenticia, tecnológica y financiera de los países.

Sugiere adoptar un "nuevo paradigma científico-tecnológico" basado en sistemas abiertos vivientes, lo cual implica un cambio radical en las nociones de progreso y desarrollo, abandonando la maximación de factores aislados y cambiando la noción de explotación de la naturaleza.

Esta noción ecológica de sistemas vivientes y abiertos constituye un nuevo paradigma emergente que se está desarrollando en la biología ecológica, extendiéndose a otros campos como la medicina, psicología, agricultura, economía, etc.

Zepeda del Valle (1988), al analizar históricamente la educación agropecuaria de México, realiza algunas aportaciones en donde destacan las siguientes:

a. Para el caso especial de nuestro país, existe históricamente un estrecho vínculo entre educación agropecuaria y sociedad; formando una unidad dialéctica, determinada por las relaciones sociales de producción dominante.

b. La educación agropecuaria se ha plegado a los intereses de la clase dominante, en cada período de desarrollo, es decir, históricamente ha manifestado un carácter de clase; sin embargo, al presentarse luchas de clases, los agrónomos han participado manifestándose contra las clases dominantes.

c. Las escuelas de agricultura han realizado valiosas aportaciones al desarrollo de las fuerzas productivas en el campo, sin embargo, al estar supeditadas a las clases dominantes, no han presentado la capacidad de promover cambios efectivos hacia un real progreso.

d. El actual desempleo de agrónomos en nuestro campo constituye la evidencia de que el capitalismo se ha convertido en una camisa de fuerza que frena el desarrollo de la sociedad mexicana.

AMEAS (1989) considera que las funciones académicas o sustantivas de la educación agropecuaria en México son docencia, investigación y extensión, determinando que la docencia, según la CONPES (1982), debe incluir los análisis de contexto e insumos de la educación, revisión de los contenidos de la ciencia, así como el diseño de programas educativos y estrategias de apoyo, ejecución de la práctica docente y la evaluación; tratando de lograr el desarrollo integral de un individuo competente y comprometido con la realidad.

La Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (1991) encuentra que existe una creciente preocupación por revalorizar al medio rural, como freno al congestionamiento urbano, a través de inversiones sociales y productivas que hagan más atractiva la vida en el campo. Ya que "el deterioro ambiental del medio urbano hace indispensable esta revalorización de los sectores rurales", siendo más factible y operativo atacar las causas del deterioro en el sector rural, que sus efectos negativos en el medio urbano.

Sin embargo, la perspectiva para el agrónomo actual, es que debe afrontar el reto de producir alimentos en condiciones de adversidad y escasez de recursos, frenando el deterioro de los recursos naturales, aplicando tecnologías novedosas y acordes con un desarrollo sostenible.

Santos y Escobar (1991) recomiendan evaluar permanentemente el comportamiento del proceso enseñanza aprendizaje, considerando que una revisión curricular debe ponderar los problemas contemporáneos, las necesidades de los estudiantes y

la opinión de los especialistas en las asignaturas; haciendo hincapié en que no es necesario revisar en su totalidad el plan de estudios, sino que esta actividad puede realizarse por áreas.

Finalmente consideran necesaria la asesoría de los expertos en diseño curricular, proponiendo para el caso de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, las siguientes áreas del conocimiento:

Técnicas
Ecología
Filosofía
Política
Económico-Administrativa
De apoyo

CLADES-FAO (1992) considera que es necesario incorporar la agroecología a los planes de estudio de la carrera de agronomía en latinoamérica, dada la siguiente problemática:

a. Es necesario formar agrónomos con visión crítica para una agricultura en crisis.

b. Se deben implantar programas de desarrollo rural sostenible.

Sugieren algunos tópicos básicos que se deben incluir en una cátedra de agroecología:

1. Dinámica de Agrosistemas.
2. Análisis de la agricultura convencional y sus consecuencias.
3. Fertilidad, manejo y conservación de suelos.
4. Manejo alternativo de plagas y enfermedades.
5. Alternativas de producción y conservación agrícolas.
6. Biodiversidad.
7. Agricultura convencional vs. agricultura ecológica.
8. Agroecología y desarrollo sostenible.
9. Planeación regional y manejo de cuencas.
10. Agricultura orgánica.

Sandoval (1992) considera que los requerimientos más importantes para el nuevo profesional de la agronomía son:

1. Generar tecnología, de acuerdo a los recursos disponibles.

2. Capacitar a los productores en materia tecnológica y de Administración Rural.

3. Estimular las diferentes formas de organización de los productores para alcanzar mayor eficiencia en los procesos de comercialización de insumos y productos, en el desarrollo de agroindustrias y en la recuperación de recursos naturales degradados.

PROSPECTIVA

Que la agricultura es una actividad milenaria y que el hombre todavía no llega a dominar a satisfacción. Aunque para ello tiene que hacer uso de insumos que el mismo hombre ha desarrollado, en muchos de los casos alterando las condiciones naturales y por ende el equilibrio en los ecosistemas, porque cada día es mayor la degradación de los recursos suelo y agua por la acción de los propios productores, pero también por los habitantes de las grandes urbes y por los desechos industriales de las medianas o grandes fábricas que contaminan no sólo estos dos grandes factores, sino que también altera el ambiente cuyo efecto en las plantas llega a ser nocivo por acción genética.

Que la producción agrícola, mediante el empleo de paquetes con alta tecnología, conlleva la aplicación de productos químicos para controlar la baja fertilidad del suelo y la alta demanda de sales minerales por parte de las variedades mejoradas desarrolladas bajo y para condiciones favorables para el combate de plagas en general; lo cual rompe el equilibrio natural de los agroecosistemas y ambas prácticas causan daños irreversibles tanto en el suelo (alta mineralización y esterilidad) como en el ambiente (fauna benéfica, alteración de la capa de ozono).

Que la adopción de la agricultura "moderna" con el empleo de alta energía, la cual es mayormente subsidiada por el hombre, pero también a un alto costo económico y social porque los insumos agrícolas desde la preparación del suelo hasta la cosecha no están limitados por sus costos, mientras que los productos, ya sean los cultivos básicos y los perederos, están limitados por el precio de garantía o por la ley de la oferta y la demanda respectivamente; afectando con ello la rentabilidad de la producción

No obstante que en la actualidad se están desarrollando nuevas técnicas de mejoramiento genético de plantas (ingeniería genética y biotecnológica) todavía no se ha llegado a la fase de la aplicación comercial. También es cierto que hay aspectos que no se han explorado para superar los techos de

rendimiento que se tienen en la actualidad, mediante el empleo de otros esquemas como diseñar plantas con una arquitectura capaz de aprovechar y sobre todo eficientar los recursos naturales tales como la luz, el agua, el N. y el CO₂ del aire.

Que la preocupación de todos, tanto productores, como técnicos en el área agropecuaria es producir ahora para asegurar la alimentación actual, pero la pregunta obligada es qué seguridad en la producción les estaremos dejando a las generaciones futuras.

Que el ingeniero agrónomo del futuro y ya del inminente siglo XXI deberá tener una formación más sólida en los ejes troncales con mayor relación en el manejo de los recursos naturales y con la producción agropecuaria, pero sin deterioro del ambiente. Pero ante todo debe ser más crítico, reflexivo y creativo para superar los avatares del mundo actual y futuro.

CONCLUSIONES

Considerando la urgente necesidad de formar profesionales de la agronomía con una nueva cultura agroecológica y con un criterio más amplio en el manejo más adecuado de los recursos naturales (ya que de ello depende salir más rápido del subdesarrollo), pero lo más importante es lograr la autosuficiencia alimentaria en el presente y con la producción sostenida para el futuro. El reto permanente que tenemos los que abrazamos la profesión agronómica y que se ha aceptado sin condición alguna como es la producción de alimentos, creemos que es el momento de retomarlo y no eludirlo para demostrar a la sociedad que se tiene la capacidad creativa para generar la tecnología más acorde a las condiciones presentes y futuras, así como para prevenir las adversidades y alcanzar la producción de los satisfactores que demandará la humanidad.

Por ello es necesario que desde ahora se piense en el perfil que debe tener el agrónomo del futuro, ya que de esto depende que aseguremos la conservación de los recursos más importantes en el proceso productivo, así como mejorar los sistemas de producción y, por último, la sostenibilidad de la agricultura.

El aspecto más importante es inducir al estudiante de agronomía hacia las áreas del

conocimiento cuyos ejes troncales, entre otros, serán los que se refieren a la conservación y manejo de los recursos naturales, sobre todo el de la producción agropecuaria, sin hacer un uso irracional de los productos químicos, porque está comprobado el daño que han causado en la población; ejemplo de ello es el cáncer causado a trabajadores de campo en la producción de vid en el estado de California, así como los problemas observados en los asalariados en la producción de hortalizas en Sonora y Sinaloa, y tabaco en Nayarit, sólo por citar algunos.

Con el propósito de abordar más ampliamente los ejes integradores de la curricula en esta concepción, se propone la inserción de las siguientes áreas del conocimiento:

1. Planeación: Políticas Agropecuarias
Económico-Administrativas
Desarrollo Sostenible
2. Ecología: Agroecología
Agrosistemas
Impacto Ambiental
3. Clima: Agrometeorología
Agroclimatología
4. Suelo: Manejo y Conservación
Fertilidad
Manejo de Cuencas
5. Agricultura Sostenible: Agricultura Orgánica
Biodiversidad

Las áreas de conocimiento en este diseño curricular deberán tener una mejor articulación y con una alta interacción. Además buscar una relación horizontal y vertical del conocimiento teniendo como base los ejes así preestablecidos.

Dentro del proceso para lograr un buen diseño curricular en el cual se integren todas las áreas del conocimiento propuesto, se requiere de la participación de un equipo multidisciplinario cuyas aportaciones enriquecerían el curriculum, y por otra parte se prevenirían posibles ausencias en determinadas disciplinas.

Al establecer esta propuesta se pretende motivar y sensibilizar a las autoridades que tienen bajo su control las políticas de producción y de educación agrícola en nuestro país y, sobre todo, como se ha declarado en el foro ecológico más reciente sobre la

cumbre de la tierra, celebrado en Río de Janeiro, Brasil, que deben evitarse los "ecocidlos" y que se necesita un desarrollo sostenible, o como lo establece la CEPAL, producir sin comprometer el futuro.

BIBLIOGRAFIA

- Altieri, M. A. 1992. Avances de CLADES en la Investigación Agroecológica. Agroecología y Desarrollo. Núm. Especial 2-3. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Santiago, Chile.
- AMEAS (Asociación Mexicana de Educación Agrícola Superior) 1989. Plan de desarrollo de la Educación Agrícola Superior en México. SEP-SESIC-DGICSA. México, D. F. 160 p.
- CLADES-FAO 1992. Incorporando la Agroecología al currículo agronómico. Agroecología y Desarrollo. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Número especial 2/3. pp. 68-69.
- CONPES. 1982. Plan Nacional de Educación Agrícola Superior. Evaluación y Perspectivas. México.
- De la Isla, de Bauer M. de L. y Hernández, T. T. 1986. Contaminación. Una amenaza para la vegetación en México. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Hernández, X. E. 1987. Sistemas Agrícolas de México. Cuadernos del Centro de Estudios del Desarrollo Rural. No. 2. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Méndez, R. I. 1988. La educación agrícola como alternativa para el mejoramiento de los recursos naturales en México. Textual. Análisis del medio rural. UACH. Chapingo, México. Vol. 1. Núm. 22-23. pp. 7-13.
- Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe 1991. Educación Agrícola Superior en América Latina: sus problemas y desafíos. FAO-ALEAS. Santiago, Chile. 61 p.
- Sandoval, M. J. A. 1992. El nuevo profesional de la Agronomía. Periódico "El Occidental". Guadalajara, Jal. México. Sección A. pp. 5 y 11. Sábado 31 de Octubre de 1992.

Santos, O. J. L. y Escobar, H.A. 1991. Análisis al desarrollo del diseño curricular de la carrera de Ing. Agrónomo e Ing. Zootecnista. Memorias: Reunión Nacional sobre Desarrollo Curricular en Instituciones de Educación Agrícola Superior. AMEAS-UAEM Universidad de Sonora. Hermosillo, Son. México. pp. 23-27.

Toledo, V. M., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C. 1985. Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. Ciencia y Técnica. Siglo Veintiuno Editores. México, D.F. 118 p.

Weiss, E. 1988. Educación Superior Agropecuaria: Condiciones Económicas y Sociales. El caso de México. Textual. Análisis del medio rural. UACH. Chapingo, México. Vol. 1. Núm. 22-23. pp. 14-43.

Zepeda del Valle, J. M. 1988. Educación Agropecuaria e Historia en México, del origen de la agricultura a la conquista. Textual. Análisis del medio rural. UACH. Chapingo, México. Vol. 1. Núm. 22-23. pp. 98-121.

PREDIOS UNIVERSITARIOS: ORDENAMIENTO ECOLOGICO SOSTENIBLE

Omar Kayam Villalpando Barriga *

RESUMEN

Las universidades debieran ser ejemplo de uso de recursos naturales de una manera integrada, como agro-ecosistemas completos: la agricultura (s.l.) sostenible, o sea el ordenamiento ecológico, socio-económico y tecnológico de sus propios predios. Las propuestas consisten en un esbozo de ordenamiento ecológico, a la vez que de educación ambiental, para predios universitarios, junto con proyectos que extienden el ordenamiento y sostenibilidad, al ámbitos sociocultural.

ABSTRACT

The universities must be paradigm on natural resources management, integrated as a whole agro-ecosystems: sustainable agriculture, this mean the ecological, socioeconomic and technological ordering in their owns campus. The proposals are an outline of ecological ordering, inside environmental education, for university campus, also with projects extending the ordering and sustainability to the sociocultural realm.

INTRODUCCION:

EL BUEN JUEZ POR SU CASA COMIENZA

Si por agricultura en su sentido más amplio entenderamos uso de recursos naturales (RN), las universidades y otras instituciones en ciencias agrícolas, debieran ser ejemplo de uso de RN de una manera integrada, como agro-ecosistemas completos: la agricultura sostenible, o sea el ordenamiento ecológico, socioeconómico y tecnológico de sus propios predios. Claramente que los objetivos de las instituciones son específicamente enseñanza, investigación y servicio, buscando unidad en la diversidad; mientras que los objetivos de uso en la nación en general, van desde ser áreas de preservación hasta un uso estricto urbano-industrial, pasando por todo un espectro de variadas formas de uso de recursos. Pero es exactamente aquí donde las instituciones han de ligarse con la realidad.

La propuesta consiste en un esbozo de ordenamiento ecológico (OE), a la vez que de educación ambiental (EA), para predios universitarios. Las instituciones tienen sus áreas geográficas de compromiso ("influencia"), por lo que sus predios han de ser, de alguna manera, módulos (medida pequeña) y modelo respecto a su región. La propuesta tiene muchos riesgos que correr. "¿Quién se atreve a educarme a mí?, si soy un académico, "¿Cómo es que tratan de ordenar 'ecológica y sosteniblemente' mi laboratorio, experimento o predio?, siendo (o teniendo) yo grados, categoría, distinciones, financiamientos y premios". La práctica OE-EA supone una co-educación entre los académicos y con los estudiantes, administrativos y demás trabajadores; supone que, con diplomacia, es mejor enfatizar lo que se está dejando de hacer, que reprobar todo lo que se está haciendo mal en el contexto ecológico y de sostenibilidad.

PROCESO METODOLOGICO

1. Información disciplinas y antecedentes en el ordenamiento;
2. Modelo actual de uso-modelo posible;
3. Análisis de contextos ecológicos, socio-económicos y tecnológicos;
4. Cotejamiento datos-posibilidades;
5. Muestreo ecológico;
6. Registros (grabaciones, foto, cartas,);
7. Reconocimiento fitoecológico y geomorfológico;
8. Definición de relaciones ecológicas;
9. Cartografía I: Biogeoeología, valores antropocéntricos;
10. Proposición de ordenamiento I: Estudio monográfico, hipótesis, plan general;
11. Estudios de detalle: Investigación a nivel de estación (sitio) permanente;
12. Cartografía II: Refinamiento;
13. Unidad elemental de uso: Sitio urbano, agro-silvo-acua-pecuario, investigación, docencia, servicio;
14. Proposición de ordenamiento II: Uso de recursos, investigaciones integrales;
15. Ecoteca (museo ecológico);
16. Ecología de sistemas;

*Investigador y profesor del Colegio de Postgraduados.

17. Estudios experimentales: Manipulación bioecológica;
18. Ordenamiento: Diseño del paisaje;
19. Muestreo ecológico II: Mayor detalle, y
20. Difusión e intercambio.

El proyecto global, las estaciones meteorológicas de los predios como sujetos de OE a detalle, y el resto de los predios para OE con cierto grado de profundidad y EA entre toda la comunidad de la institución. OE-EA a nivel de reconocimiento en ciertos sitios y áreas, y a nivel de exploración en el conjunto de las zonas de compromiso de los predios, ante el conjunto nacional y mundial.

HACIA UNA MAESTRIA EN EDUCACION AMBIENTAL

Una forma de "comenzar por casa" sería el establecimiento de una maestría en educación ambiental (EA) que se apoyara en los propios predios universitarios para un ordenamiento ecológico sostenible.

El problema ambiental debe tratarse con un enfoque ecológico, con un rigor en la adquisición del conocimiento y en un contexto de la cultura en su conjunto (aparte de observar valores como sensibilidad, justicia, etc.), con educación ambiental, en el sentido de aplicarle a toda relación hombre-naturaleza una dimensión especial, la llamada dimensión ambiental, alrededor de la cual hacemos girar ecología, el rigor con el que adquirimos el conocimiento y la cultura toda, buscando un ordenamiento bajo principios ecológicos, social y económicamente válidos; trabajar en base a realidades y futuros posibles como forma de investigación y educación en el ámbito escolar y enfocada a distintos sectores de la población.

Para las acciones en EA con efectos multiplicadores (v. gr. capacitación a un grupo piloto de profesores ajenos a la ecología), se requiere de una real integración multidisciplinaria, para resultados interdisciplinarios. Una maestría en EA tiene como antecedente la práctica profesional en ecología como disciplina, referida a todos los sectores de la población. Su ejercicio académico puede ser la elaboración de anteproyectos de investigación.

Tratándose de cursos de posgrado, los estudiantes tienen generalmente una vivencia profesional y algunos hasta han estado inmersos en problemas reales de uso de recursos, con todos sus condicio-

namientos económicos, éticos, tecnológicos, sociales, etc. El posgrado como actividad esencialmente académica y altamente intelectual, exige profundizar en la literatura y en los estudios de frontera. La médula de la maestría que nos ocupa se compone de los anteproyectos de investigación en bio-ecología y en ciencias agrícolas. Estos trabajos pueden tener prácticamente cualquier temática, pero con un especial componente de EA o un particular tratamiento en el contexto de la EA.

Los temas a tratar han de ser de lo más variado, desde manejo de áreas preservadas (islas continentales, reservas de la biosfera, parques nacionales), hasta manejo de ecosistemas realmente artificiales (reordenamiento ecológico de zonas habitacionales y regularización de "ciudades perdidas"), pasando por la optimización de uso de recursos en el agro, todo bajo el enfoque EA, que integre desde la filosofía profunda hasta el más estricto análisis financiero que incluya una economía ecológica de kilocalorías tanto como de dinero; pasando por psicología, el comportamiento, la experiencia emocional e intelectual, y la pedagogía, la educación ambiental como un proceso de coeducación.

La estructura de esta propuesta consta de una parte conceptual; un repaso enciclopédico, a la vez que integrativo e interdisciplinario referido a la EA y aspectos metodológicos en EA. Los principios de la EA se obtienen a través de muchas disciplinas, los cuales parecen sumarse en el ahora famoso concepto de desarrollo sustentable/sostenible.

El hombre en la biosfera

Aunque no se puede considerar como algo súbito el origen de la agricultura, con este fenómeno la influencia del hombre sobre su ambiente toma rumbos con efectos crecientes exponencialmente, cosa que no sucede con su tecnología, lo que lo hace peligroso para su ambiente, es decir, para el mismo. Pero el problema mayor es la desigualdad en la presión sobre los recursos.

Compleja y fuerte presión sobre la naturaleza ha impactado fuertemente a la biosfera en su conjunto. Realmente la biosfera ha de manejarse con arquitectura o ingeniería de paisaje ecológico, para tener una actitud adecuada para cada ecosistema. La sociedad postindustrial se encuentra entre promesas y amenazas respecto a la calidad de la vida: por un lado, el hombre aparece

como conductor y conservador de la naturaleza y, por otro lado, como expoliador y perturbador. Comenzar por la "blosfera" del campus universitario.

Maestría e investigación

Todo esto nos lleva a diseñar una especie de "matriz" de necesidades y posibilidades en el manejo de los recursos que exige una reevaluación del comportamiento humano en general y de la actividad universitaria, que comienza por el educado ordenamiento de sus propios ambientes: predios, infraestructura y recursos... universitarios.

Así las cosas, la investigación debe ser complementaria: los satisfactores presupuestales deben ser razonados y mejor racionalizados, debe existir un equilibrio entre lo urgente y lo importante, y el desarrollo debe ser armónico. Este es el panorama para la maestría en EA.

Actitud y una dimensión

Al candidato a maestría en EA, la disponibilidad que se le pide es que como profesional -aquel que profesa lo que cree-, es que su comportamiento ante el ambiente sea una actitud definida de respeto y que lo ambiental sea una dimensión y óptica bajo la cual todos los órdenes de la vida serán considerados. Su maestría será eminentemente intelectual, conceptual; concepción de los sistemas físico-biológicos en esferas jerárquicas de complejidad, arregladas a su vez en niveles espacio-temporales.

El alto nivel académico no es un proceso de iniciación que culmina con una irresistible credencial o patente de papel. La formación y lo que se llegue a ser es lo que cuenta, no lo que se llegue a tener: un grado más o menos coleccionable. Así que el ser maestro, dominar el campo de la EA, es una actitud que se tiene y una dimensión que se aplica. El enfoque de la maestría es básicamente ecológico como objeto y herramienta, y su contexto abarca todos los órdenes de la cultura.

PROYECTO 1: ORDENAMIENTO ECOLOGICO Y EDUCACION AMBIENTAL

El laboratorio para el desarrollo del concepto ordenamiento ecológico y educación ambiental, son los mismos predios universitarios.

Objetivos

- Un modelo actual y modelos futuros OEEA, en los predios universitarios.
- Detalle en OEEA de la estación agrometeorológica y su entorno en el campus.
- Reconocimiento en OEEA, campus total.
- Exploración en OEEA en otro(s) predio(s).

Justificación

- El desarrollo de las ciencias agrícolas, objeto de muchas entidades universitarias, debe empezar en la práctica en los mismos territorios (predios) de la institución

El "proyecto 1" incluye un curso de ordenamiento ecológico y educación ambiental, el cual se ofrezca de una manera particularizada según el alumnado, para el logro de una verdadera producción académica.

Objetivos

- Aplicación de la teoría ecológica y todo su contexto cultural, al estudio, planeación y desarrollo de los ambientes del hombre, con el enfoque de las ciencias agrícolas

Justificación

- Ordenamiento ecológico, estimación de impacto ambiental y auditoría ambiental, son disciplinas y problemas que deben tener plena vigencia en las ciencias agrícolas y los desarrollos en el ámbito rural. Educación ambiental como una dimensión que se aplica a todas las interacciones del hombre con su entorno natural y cultural

Un curso con conceptos básicos, contemplando los avances en las disciplinas involucradas y las características del alumnado.

PROYECTO 2: MATRIZ DE INVESTIGACION Y SEMINARIO BAJO EL CONCEPTO DE ECOSISTEMA

Matriz de investigación como un arreglo de renglones y columnas, con las actividades universitarias por un lado y los componentes ecológicos (y también sociales) de la universidad por el otro.

Objetivos

- Obtener una real y dinámica "matriz de investigación"
- Conciliar, a escala de reconocimiento y como propuesta, la investigación con el territorio nacional como ecosistema
- Organizar un seminario global sobre el aspecto ecológico y ambiental de la investigación

Justificación

- Falta fijar unidad y diversidad en la actividad de investigación en la universidad del CP.
- Es necesario relacionar la investigación con el territorio nacional, a escala de conjunto (gran visión)
- No existe una comunicación generalizada entre académicos del CP, para modular la actividad de investigación

PROYECTO 3: OMBUDSMAN ACADEMICO

"Ombudsman" es un término que proviene del noruego antiguo <umbodsmath>: Comisionado, en el sentido de uno que recibe e investiga quejas de individuos en contra de abusos o actos caprichosos de autoridades. Por mi preparación, experiencia y vivencia en diversas instituciones universitarias, considero que las necesidades más apremiantes residen en la satisfacción de un arreglo realmente natural para la organización intelectual (y hasta administrativa) de las actividades universitarias sustantivas, y en el verdadero desarrollo de sus recursos humanos. Una extensión de agricultura sostenible en las universidades al ámbito sociocultural.

Objetivos

- Desarrollo de un prototipo que culmine en una "Consultoría y Procuraduría de los Derechos Académicos".
- Fijar un código de conducta para considerar inconformidades de la comunidad académica (profesores y estudiantes).
- Apertura: Asegurar la viabilidad de toda contribución proveniente de cualquier académico.

- Evaluación: Asegurar una forma de conjunto para la evaluación total en la producción académica

JUSTIFICACION

- Generalmente, no existe una instancia que concilie los principios académicos con los intereses personales.
- Es necesario aliviar las frustraciones que experimentan los académicos y que obstaculizan su producción.
- Gran problema universitario es la falta de empleo adecuado de sus recursos humanos académicos.
- No existen formas de evaluación medianamente completas, claras y de aceptación general.

CONCLUSIONES

Predios universitarios: ordenamiento ecológico sostenible. La agricultura es una actividad universal, tanto ciencia como arte; es la vida misma. La universidad, unidad en la diversidad, tiene el compromiso de trabajar el problema agrícola, referido a su propio campus, bajo un proceso metodológico cuya generalización se propone. Hacia una maestría en educación ambiental, significa ejercer este compromiso de la manera más académica y formal posible, para lo que se sugieren proyectos específicos sobre lo que entendemos por ordenamiento ecológico para el ejercicio de esa sostenibilidad que inicia en la agricultura, pero permea todo el quehacer universitario, incluyendo su propio "contrato social" en el contexto de uso de recursos humanos de manera sostenible.

DEPOSICION ATMOSFERICA EN BOSQUES DENTRO DE LA CUENCA ATMOSFERICA DE LOS ANGELES, CALIFORNIA Y DEL VALLE DE MEXICO

Mark E. Fenn¹

RESUMEN

La Cuenca del Valle de México así como la Cuenca Atmosférica de Los Angeles están sujetas a concentraciones altas de oxidantes fotoquímicos. Existen muy pocos datos sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos en los bosques alrededor de la Ciudad de México. No obstante, basado en la composición del aire en la Ciudad de México, los contaminantes más importantes que pueden afectar los bosques alrededor de la zona urbana incluyen el ozono (O_3); plomo (Pb), partículas; dióxido de azufre (SO_2), la lluvia ácida y varios contaminantes de nitrógeno (N) y azufre (S) en formas secas o húmedas. Las concentraciones de SO_2 disminuyen en el sur de la zona metropolitana de México, indicando que tal vez las concentraciones de SO_2 en los bosques afuera de la ciudad no llegan a niveles fitotóxicos.

En Los Angeles, la deposición de N y de partículas ocurren a niveles elevados, mientras que las concentraciones de SO_2 y de sulfato (SO_4^{2-}) son relativamente bajas. Algunas evidencias sugieren que la deposición crónica de N en las montañas de San Bernardino en el sur de California ha aumentado la descomposición de la hojarasca y la fertilidad de N en los árboles del bosque.

Posiblemente, los bosques al sur de La Ciudad de México están expuestos a cargos mayores de contaminación atmosférica a comparación con los bosques cercanos a Los Angeles, California. Esta hipótesis tentativa se basa en lo siguiente: 1) el daño severo y mortalidad de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa* Schl. et Cham. observados en bosques al sur y suroeste de la Ciudad de México, 2) las concentraciones de Pb y contaminantes de S son mínimos en la Cuenca de Los Angeles, pero son componentes significativos en la atmósfera de la Ciudad de México, y (3) porque las concentraciones

de O_3 se mantienen elevadas a cierto grado por la mayor parte del año en bosques al sur de La Ciudad de México, mientras que las concentraciones de O_3 por lo general no llegan a concentraciones altas en California durante el invierno.

SUMMARY

The Mexico City Air Basin and the South Coast (Los Angeles, California) Air Basin are subject to high concentrations of photochemical oxidant air pollution. Very little data is available on the concentrations of air pollutants in forests surrounding Mexico City. However, based on the composition of the air pollutant mixture in Mexico City, the most important air pollutants which may affect forests exposed to the urban influence include: ozone (O_3), lead (Pb), particulates, sulfur dioxide (SO_2), acid rain, and various nitrogen (N) and sulfur (S) pollutants--either in dry or wet forms. Atmospheric concentrations of SO_2 decline from north to south within the metropolitan area of Mexico City, suggesting that SO_2 may not occur at phytotoxic levels in forests south of Mexico City.

In Los Angeles the deposition of O_3 , N and particulates is very high, while concentrations of SO_2 and SO_4^{2-} are relatively low. Available evidence suggests that chronic nitrogen deposition in the San Bernardino Mountains in southern California has resulted in increased litter decomposition and nitrogen fertility in forest trees.

The forests located south of Mexico City may be exposed to greater atmospheric pollutant loads than forests near Los Angeles, California. This tentative hypothesis is based on the following observations: (1) the severe damage and mortality of *Pinus hartwegii* south and southwest of Mexico City, (2) Pb and S pollutants are minimal in the Los Angeles Air Basin, but are significant atmospheric components in the Mexico City area, and (3) elevated O_3 concentrations are maintained during most of the year in forests south of Mexico City, while O_3 concentrations are generally low in California forests during the winter months.

¹ Fitopatólogo e Investigador de los efectos de la contaminación del aire en bosques del Oeste de EUA, Pacific Southwest Research Station, Forest Service, Departamento de Agricultura (USDA), 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507, EUA.

INTRODUCCION

Los Angeles, California y la Ciudad de México están sujetos a concentraciones altas de oxidantes fotoquímicos o lo que se ha nombrado "Los Angeles smog" (Finlayson-Pitts y Pitts, 1986). El término smog se ha traducido como "nieblhumo". En Los Angeles así como en el Valle de México, las fuentes principales de contaminantes atmosféricos son vehículos automotores y fuentes estacionarias como plantas termoeléctricas, fundiciones o refinerías de petróleo. Ozono es el contaminante principal de que se han documentado casos de daño a la vegetación natural y a los cultivos agrícolas. Sin embargo, muchos otros compuestos con actividad biológica ocurren en el complejo de contaminantes que constituyen el nieblhumo fotoquímico (Finlayson-Pitts y Pitts, 1986).

En este reporte haré un resumen de las características principales de la exposición a los contaminantes atmosféricos y el daño asociado en la vegetación en la Cuenca de Los Angeles, y del Valle de México. Al siguiente, consideramos los efectos posibles de la deposición de nitrógeno (N) y azufre (S) en los ecosistemas forestales de ambas regiones.

LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CUENCA DE LOS ANGELES Y DEL VALLE DE MEXICO

Es muy conocido que la Ciudad de México es una de las áreas del mundo más afectadas por la contaminación del aire, aunque falta mucho en caracterizar la dinámica de la composición, concentraciones, movimientos, y flujos de contaminantes atmosféricos en la Cuenca del Valle de México. En los bosques alrededor de la zona urbana existen menos datos sobre los contaminantes del aire (Miller *et al.*, 1992). Sin embargo, entendemos en forma incompleta cuáles han de ser las características más importantes de la exposición y composición de la contaminación atmosférica en el Valle de México. Aunque la contaminación del aire en la Ciudad de México se clasifica como "Los Angeles smog", vemos diferencias significativas entre la exposición de contaminantes ambientales en el sur de California y en el Valle de México. California tiene un clima Mediterránea con mayor precipitación en el invierno, cuando la temperatura atmosférica, inversiones térmicas y la radiación solar disminuyen. Por lo tanto, concentraciones de oxidantes fotoquímicos (e.g. O_3) no llegan a concentraciones altas en el invierno. En cambio, en el Valle de México, las

concentraciones de O_3 (Miller *et al.*, 1992) y ciertamente de otros contaminantes, ocurren en concentraciones más elevadas en el invierno cuando menos llueve (Tovar, 1989). Además de esto, las concentraciones de O_3 , y se supone de otros contaminantes, se mantienen elevadas por todo el año en el Valle de México (Miller *et al.*, 1992).

Se han publicado numerosos estudios sobre la contaminación atmosférica en el sur de California (Bytnerowicz *et al.*, 1987a, 1987b; Levinson y Shetty, 1992; Miller, 1992). Los contaminantes primarios de mayor importancia son hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (NO_x). Los contaminantes secundarios principales incluyen el ozono (O_3), nitrato peroxiacetilico, ácido nítrico (HNO_3), aldehídos, y partículas de nitrato, y sulfato (Finlayson-Pitts y Pitts, 1986). En el sur de California y en otras áreas del oeste de EUA se ha reportado que la deposición de N domina sobre la deposición de S (menos algunas áreas influidas por fundiciones), y que la mayor deposición cae en forma seca (Böhm, 1992; Bytnerowicz, 1987a; Fenn & Bytnerowicz, 1993). La deposición mayor de N, comparada a la deposición de S, se debe a la emisión mayor de N en el oeste del EUA. La fuente principal de N consiste en los vehículos de transportación (Böhm, 1992). Por eso, mayores concentraciones atmosféricas de N se concentran en regiones no muy lejanas de áreas metropolitanas. La proporción entre la emisión de N y S (N:S) en el estado de California, por el año 1985, fue 3.7 (Böhm, 1992), un número muy similar a la proporción (4.3) entre la emisión de S y N (S:N) en la Ciudad de México (Bravo, 1987). Estas proporciones indican mayor importancia de la emisión y deposición de S en la cuenca del Valle de México relativo a la situación en California, y reflejan la influencia de las fuentes fijas de S que se encuentran principalmente en el norte de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Los combustibles fósiles en México son ricos en S (alrededor del 3.6% en peso; Bravo, 1987). Las concentraciones de sulfato (SO_4^{2-}) en partículas y en la lluvia fueron dos a seis veces mayores que las concentraciones de nitrato (NO_3^-), en la Ciudad de México, lo cual corrobora los datos sobre las emisiones de SO_2 y NO_x en la Ciudad de México (Bravo, 1987). Los compuestos atmosféricos de interés en cuanto a los efectos posibles en la vegetación en el Valle de México incluyen el O_3 , SO_2 , NO_x , plomo (Pb), nitrato peroxiacetilico, y SO_4^{2-} y NO_3^- en partículas y en la precipitación pluvial. Hace falta medir estos contaminantes en los bosques expuestos a la contaminación de la Ciudad de México para poder analizar la contribución de estos contaminantes a la declinación de los ecosistemas forestales.

EFFECTOS DE GASES OXIDANTES EN LA VEGETACION

El área más industrializada de la Ciudad de México se encuentra en el lado norte, y el viento dominante es del norte y noreste hacia el sur y suroeste. Por lo tanto, se ha documentado daño en especies de árboles sensibles en bosques al sur y suroeste del Valle de México (Bauer y Hernandez, 1986; Bauer y Krupa, 1990; Bauer, 1991). Los síntomas característicos en *Pinus hartwegii*, los estudios histopatológicos, y la observación de síntomas típicos de daño debido a oxidantes en plantas silvestres, así como en plantas indicadoras, sugieren que los daños observados eran causados por gases oxidantes (Bauer, 1991; Bauer y Hernandez, 1986). Además de esto, ramas protegidas por cámaras de polietileno o por el uso de un antitranspirante ("Clear Spray"), no desarrollaron síntomas (Bauer, 1991). Considerando estos hallazgos en el Valle de México, y los efectos parecidos en las montañas de San Bernardino en el sur de California, (Miller 1992) parece que en ambas regiones los gases oxidantes (principalmente el O_3) causan el mayor daño a las especies forestales sensibles. En los bosques de la cuenca atmosférica de Los Angeles, así como en el Valle de México, pocos estudios se han desarrollado tocante a los efectos de otros contaminantes que acompañan al O_3 en el complejo de sustancias diversas en la atmósfera (Finalyson-Pitts y Pitts, 1986). Posiblemente los efectos de la deposición atmosférica total--una combinación de gases oxidantes, compuestos de N y S, los metales pesados, la lluvia ácida y de las partículas hacen más daño que cualquiera de estos contaminantes solos a los que ocurren en la atmósfera del Valle de México o en la atmósfera de Los Angeles.

LA DEPOSICION DE N Y S EN LOS BOSQUES DEL VALLE DE MEXICO Y DEL SUR DE CALIFORNIA

Se han documentado evidencias de efectos significativos en las plantas por contaminantes que acompañan al O_3 en la contaminación fotoquímica en el sur de California (Olszyk, Fenn 93). Es probable que el vapor de ácido nítrico (HNO_3) fue el compuesto que, junto con el O_3 , causaron los efectos fitotóxicos (Olszyk). Las concentraciones de HNO_3 en la cuenca de Los Angeles se encuentran entre las más altas de todo los EUA (Solomon *et al.*, 1992). El vapor de HNO_3 en la atmósfera demuestra una velocidad de deposición a las plantas, suelo y hojarasca muy rápida, en comparación a otros

contaminantes. También se han observado síntomas en las plantas, causadas por nitrato peroxiacético en el Valle de México y en la cuenca atmosférica de Los Angeles.

Los contaminantes atmosféricos que ocurren en el Valle de México y en Los Angeles pueden dañar a la vegetación por medio de la exposición directa, o pueden afectar la nutrición vegetal y el ciclo de nutrientes en el ecosistema. Las investigaciones de los efectos de la contaminación del aire en el ciclo de nutrientes en los ecosistemas forestales se han enfocado en la deposición de N y S. La deposición de N y S es muy elevada en muchas partes de oriente de EUA y en Europa, y generalmente la deposición de S es mayor que la deposición de N. En cambio, en Holanda la deposición de N sobrepasa la deposición de S, llega hasta $80 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, debido principalmente a las emisiones altas de amonía por la producción agrícola.

En bosques del Valle de México es posible que la deposición de S es mayor que la deposición de N. Esta suposición se basa en los datos publicados sobre las concentraciones de NO_3 y SO_4^{2-} en la precipitación pluvial y en partículas en la Ciudad de México, y de las emisiones de SO_2 y de óxidos de N en la zona urbana de la Ciudad de México (Bravo, 1987). Estos resultados indican la posibilidad de que la deposición de N y S pueden llegar a niveles elevados en los bosques al sur de la Ciudad de México. En la cuenca atmosférica de Los Angeles es dudable que la cantidad de S depositada de la atmósfera tiene efectos importantes en los ecosistemas forestales. En cambio, se considera que la deposición alta de N, la mayor parte existe en formas seca, puede afectar algunos procesos importantes en el funcionamiento del ecosistema. En el Bosque Nacional de San Bernardino, ubicado a unos 110 km al oriente de Los Angeles, calculamos una deposición anual de N de 31 kg ha^{-1} y de S una deposición anual de 3 kg ha^{-1} (Fenn and Bytnerowicz, 1993).

EFFECTOS DE LA DEPOSICION DE N Y S EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

Los efectos posibles de la deposición atmosférica de N y S en los ecosistemas constituye una rama de investigación de mucho interés por la comunidad científica hoy en día (Aber, 1992). Los efectos de la deposición de N y S pueden ser múltiples y difíciles de detectar o comprobar por causa de la variación de las condiciones y factores que controlan la fisiología vegetal y los procesos ecológicos. El intrincado

ciclo de N consiste de muchas transformaciones biológicas, físicas y químicas. Los principales contaminantes atmosféricos de N y S están listados en Cuadro 1. Los efectos principales que se han observado o propuesto en cuanto a la deposición de N y S en los bosques, se presentan en Cuadro 2. Se debe tomar en cuenta que algunos de los efectos posibles de la deposición de N y S mencionados en Cuadro 2 son hipótesis. En muchos casos ha sido difícil comprobar qué papel tienen los compuestos atmosféricos en la declinación de los bosques. Por razón de las síntomas directos y visibles en las plantas sensibles, el O_3 es el contaminante en que más se ha documentado daño forestal al nivel regional. Investigadores en Europa han tratado de encontrar los niveles críticos para la deposición de N en ecosistemas forestales y en los lagos montañosos. Generalmente el nivel crítico se refiere al nivel de deposición atmosférica cuando empieza a haber efectos dañinos en algún proceso o componente importante del ecosistema. Sabemos que el nivel crítico varía con cada ecosistema y localidad, y depende de la capacidad del ecosistema de recibir, procesar y retener los contaminantes depositados. En cuanto a la deposición de N, la pérdida principal y la señal de un ecosistema que está saturado por N, consiste en la lixiviación de NO_3^- . Ecosistemas pueden perder N excesivo por emisiones gaseosas de N por el proceso de desnitrificación; pero esto es más difícil de medir y por lo general, se cree que la lixiviación de NO_3^- es el proceso más importante de la pérdida de N del ecosistema.

LA DEPOSICION DE METALES PESADOS EN EL VALLE DE MEXICO

Los metales pesados o metales traza (Fe, Cu, Zn, Cd y Pb) son contaminantes atmosféricos importantes en el Valle de México (Barfoot *et al.*, 1984; Bravo, 1987; Salazar *et al.*, 1981;). La concentración promedio de Pb en la Ciudad de México el año 1991 fue μ 1.8 g/m^3 , más que la norma de μ 1.5 g/m^3 (Levinson y Shetty, 1992). El Pb y Cd parecen ser los metales traza en la Ciudad de México que sobrepasan con más frecuencia las normas establecidas (Barfoot *et al.*, 1984; Salazar *et al.*, 1981). La gasolina NOVA es una fuente principal de plomo en el ambiente de la Ciudad de México. La gasolina NOVA contiene 0.8 gr/lit de Pb comparada a una concentración de 0.025 gr/lit en EUA (Ortiz). En el área de Los Angeles, California, la emisión atmosférica de Pb se ha bajado drásticamente debido a la introducción de gasolina sin Pb (Ehrman y Pratsinis, 1992). El Pb, tal como otros metales pesados, tiene

propiedades tóxicas a diversos organismos, incluyendo las plantas, microorganismos, animales, y el ser humano. Los metales pesados se acumulan en la materia orgánica del suelo en los bosques contaminados (Smith, 1990). La descomposición de hojarasca y el ciclo de nutrientes en el suelo puede ser reducida en bosques expuestos a la deposición elevada de metales pesados (Jackson y Watson, 1977; Tyler *et al.*, 1989). Se considera que el Pb no causa efectos fitotóxicos, menos en lugares de intensa influencia urbana o industrial (Smith, 1990). Considerando la actividad biológica del Pb, Cd y otros metales traza y las emisiones de tales contaminantes en la Ciudad de México, vale investigar la deposición de los metales pesados en los ecosistemas forestales en el Valle de México.

CONCLUSIONES

La Cuenca del Valle de México así como la Cuenca Atmosférica de Los Angeles están sujetas a altas concentraciones de oxidantes fotoquímicos. Especies de árboles sensibles al O_3 han sido dañados severamente en bosques alrededor de Los Angeles y al sur de la Ciudad de México. En Los Angeles la deposición de N y de partículas ocurren a niveles elevados, mientras que las concentraciones de SO_2 y SO_4^{2-} son relativamente bajas. Algunas evidencias sugieren que la deposición crónica de N en las montañas de San Bernardino en el sur de California ha aumentado la descomposición de la hojarasca y la fertilidad de N en los árboles del bosque (Fenn).

Tenemos muy poca información en cuanto a las concentraciones de contaminantes atmosféricos que existen en los bosques del Valle de México. Sin embargo, la información existente de los vientos y de los contaminantes principales en el aire de la Ciudad de México, nos sirven de indicador para los contaminantes candidatos que pueden afectar los ecosistemas forestales en el Valle de México. Además del O_3 , los contaminantes más importantes en La Ciudad de México que pueden afectar los bosques al sur de la zona metropolitana incluyen el Pb, partículas, SO_2 , la lluvia ácida y varios contaminantes de N y S en formas secas o húmedas. Las concentraciones de SO_2 disminuyen en el sur de la zona metropolitana de México, indicando que, a lo mejor, las concentraciones de SO_2 en los bosques afuera de la ciudad no llegan a niveles fitotóxicos. Hace falta medir las concentraciones de los varios contaminantes atmosféricos que llegan a los bosques del Valle de México.

Posiblemente los bosques al sur de La Ciudad de México están expuestos a cargas mayores de contaminación atmosférica en comparación a los bosques cercanos a Los Angeles, California. Esta hipótesis tentativa se basa en las siguientes observaciones: 1) El daño severo y mortalidad de *Pinus hartwegii* al sur de la Ciudad de México, 2) las concentraciones de Pb y contaminantes de S son mínimos en la Cuenca de Los Angeles y, 3) las concentraciones de O₃ se mantienen elevadas por la mayor parte del año en bosques en el Valle de México (Miller). En cambio, las concentraciones de O₃ disminuyen a niveles mínimos en el invierno en el sur de California. Esto es importante porque la temporada de concentraciones altas de O₃ y de otros contaminantes en el sur de California coincide con la sequía que predomina en el clima Mediterráneo de California. Hemos observado que el pino de ponderosa (*Pinus ponderosa* Laws.) que carece de agua suficiente, está protegido hasta cierto punto del daño causado por el O₃ (Beyers *et al.*, 1992; Temple *et al.*, 1992). Las concentraciones atmosféricas de O₃ están reducidas, y el contenido de agua en el suelo se aumenta, durante los meses del verano en el Valle de México. A causa de la abundancia de la humedad en el suelo durante los meses del verano los estomas han de estar abiertos lo suficiente para permitir mayor transporte de O₃ en la vegetación. Así es que, las concentraciones de O₃ no muy severas, tal como ocurren en el verano en el Valle de México, tal vez pueden dañar a los árboles sensibles cuando el suelo provee agua suficiente.

BIBLIOGRAFIA

- Aber, John D. 1992. Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 7:220-223.
- Barfoot, K.M., C. Vargas-Aburto, J.D. MacArthur, A. Jaidar, y F. García-Santibañez. 1984. Multi-elemental measurements of air particulate pollution at a site in Mexico City. *Atmos. Envir.* 18:467-471.
- Bauer, Ma. de Lourdes de la I. y Tomás Hernández Tejeda. 1986. Contaminación: Una amenaza para la vegetación en México. Centro de Fitopatología, C.P. Ed. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx. 84 pp.
- Bauer, L.I. de. y S.V. Krupa. 1990. The Valley of Mexico: Summary of observational studies on its air quality and effects on vegetation. *Environ. Pollut.* 65:109-118.
- Bauer, Ma. de Lourdes de la I. de. 1991. La influencia urbana en el área del Ajusco. pp. 174-181 In: MEMORIAS DEL PRIMER SIMPOSIO NACIONAL. AGRICULTURA SOSTENIBLE: Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Comisión de Estudios Ambientales C.P. y M.O.A. International. 4-6 de noviembre, Guadalajara, Jal.
- Beyers, J.L., G.H. Riechers, G.H. y P.J. Temple. 1992. Effects of long-term ozone exposure and drought on the photosynthetic capacity of ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Laws.). *New Phytol.* 122:81-90.
- Böhm, M. 1992. Air quality and deposition. pp. 63-152 In: R.K. Olson, D. Binkley and M. Bohm (ed). The response of western forests to air pollution, *Ecological Studies* 97, Springer-Verlag, New York, EUA.
- Bravo, A. H., R. Magaña, A. Lowe, S. Ayanegui J. y E. Sigler. 1978. Preliminary study of the photochemical process in the air pollution of Mexico City. pp. 183-191. In: Proceedings of the international clean air conference: Clean air--the continuing challenge. The clean air society of Australia and New Zealand. 15-19 mayo, Brisbane, Australia.
- Bravo, Alvarez Humberto. 1987. La contaminación del aire en México. Fundación Universo Veintiuno, México, D.F. 296 pp.
- Bravo, Alvarez Humberto, Rosaura Camacho C., Guadalupe Roy-Ocotla R., Rodolfo Sosa E. y Ricardo Torres J. 1991. Analysis of the change in atmospheric urban formaldehyde and photochemistry activity as a result of using methyl-t-butyl-ether (MTBE) as an additive in gasolines of the metropolitan area of Mexico City. *Atmos. Envir.* 25B:285-288.
- Bytnerowicz, Andrzej, Paul R. Miller, David M. Olszyk, Philip J. Dawsony Carl A. Fox. 1987. Gaseous and particulate air pollution in the San Gabriel mountains of southern California. *Atmos. Envir.* 21:1805-1814.
- Bytnerowicz, A., P.R. Miller y D.M. Olszyk. 1987. Dry deposition of nitrate, ammonium and sulfate to a *Ceanothus crassifolius* canopy and surrogate surfaces. *Atmos. Envir.* 21:1749-1757.

- Castillejos, Margarita, Diane R. Gold, Douglas Dockery, Tor Tosteson, Timothy Baum y Frank E. Speizer. 1992. Effects of ambient ozone on respiratory function and symptoms in Mexico City schoolchildren. *Am. Rev. Respir. Dis.* 145:276-282.
- Chow, Judith C., Chung Shing Liu, Joe Cassmassik, John G. Watson, Zhiqiang, Lu y Lyle C. Pritchett. 1992. A neighborhood-scale study of PM₁₀ source contributions in Rubidoux, California. *Atmos. Environ.* 26A:693-706.
- Cibrián, Tovar David. 1989. Air pollution and forest decline near Mexico City. *Environ. Monitoring and Assessment* 12:49-58
- Ehrman, Sheryl H. y Sotiris E. Pratsinis. 1992. Receptor modeling of the fine aerosol at a residential Los Angeles site. *Atmos. Environ.* 26B:473-481.
- Fenn, Mark E. y Andrzej Bytnerowicz. 1993. Dry deposition of nitrogen and sulfur to ponderosa and Jeffrey pine in the San Bernardino National Forest in southern California. *Environ. Pollut.* (En Prensa).
- Finlayson-Pitts, Barbara J. y James N. Pitts, Jr. 1986. *Atmospheric chemistry: fundamentals and experimental techniques.* Wiley, New York, EUA. 1098 pp. Jackson, D.R. y A.P. Watson. 1977. Disruption of nutrient pools and transport of heavy metals in a forested watershed near a lead smelter. *J. Environ. Qual.* 6:331-338.
- Legorreta, Jorge y Angeles Flores (colaboradora). 1989. Transporte y contaminación en la Ciudad de México. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F. 344 pp.
- Levinson, Arik y Sudhir Shetty. 1992. Case studies of urban air pollution: Los Angeles, Mexico City, Cubatao and Ankara. Policy Research Working Papers, World Development Report, World Bank. Washington, DC, EUA.
- Miller, P.R. 1992. Mixed conifer forests of the San Bernardino Mountains, California. pp. 461-497 In: R.K. Olson, D. Binkley and M. Bohm (ed). *The response of western forests to air pollution, Ecological Studies 97,* Springer-Verlag, New York, EUA.
- Miller, Paul R., María de Lourdes de Bauer, Abel Quevedo Nolasco y Tomás Hernández Tejeda. 1992. Comparison of ozone exposure characteristics in forested regions near Mexico City and Los Angeles. Paper 92-71.02 In: *Proceedings Air and Waste Management Association Annual Meeting, Kansas City, Missouri, EUA. Junio 21-26, 1992.* Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, EUA.
- Ortiz, Monasterio P. Fernando. 1990. Contaminación en la Ciudad de México. Editorial Milenio, México, D.F. 141 pp.
- Pregitzer, Kurt S., Andrew J. Burton, Glenn D. Mroz, Hal O. Liechty and Neil W. MacDonald. Foliar sulfur and nitrogen along an 800-km pollution gradient. *Can. J. For. Res.* 22:1761-1769.
- Salazar, S., J.L. Bravo y Y. Falcon. 1981. Sobre la presencia de algunos metales pesados en la atmósfera de la Ciudad de México. *Geof. Int.* 20:1:41-54.
- Smith, William H. 1990. *Air pollution and forests: Interaction between air contaminants and forest ecosystems, (segunda edición).* Springer-Verlag, New York, NY, EUA. 618 pp.
- Solomon, Paul A., Lynn G. Salmon, Theresa Fall y Glen R. Cass. 1992. Spatial and temporal distribution of atmospheric nitric acid and particulate nitrate concentrations in the Los Angeles area. *Environ. Sci. & Technology* 26:1594-1601.
- Temple, P.J., G.H. Riechers y P.R. Miller. 1992. Foliar injury responses of ponderosa pine seedlings to ozone, wet and dry acidic deposition, and drought. *Environ. Exper. Bot.* 32:101-113.
- Tyler, G. A.-M. Balsberg Páhlsson, G. Bengtsson, E. Bååth y L. Tranvik. 1989. Heavy-metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates; A review. *Water, Air, and Soil Pollution* 47:189-215.

CUADRO 1. CONTAMINANTES PRINCIPALES DE NITROGENO Y AZUFRE

CONTAMINANTE	FORMA FISICA
COMPUESTOS NITROGENADOS	
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	Gas
Acido nítrico (HNO ₃)	Vapor en aire seco; líquido
Nitrato (NO ₃)	En partículas o disuelto en agua
Amoniaco (NH ₃)	Gas
Amonio (NH ₄ ⁺)	En partículas o disuelto en agua
COMPUESTOS SULFUROSOS	
Acido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	Líquido
Bióxido de azufre (SO ₂)	Gas
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	En partículas o disuelto en agua

CUADRO 2. EFECTOS POSIBLES DE LA DEPOSICION DE N Y S

NITROGENO
1. Mayor fertilidad (efecto fertilizante)
2. Aumento en el ciclo de nutrientes (Es común que el N limita la descomposición de la materia orgánica y la producción vegetal)
3. Desequilibrio nutricional en las plantas--causado cuando la deposición de N aumenta el crecimiento y las plantas carecen de otro(s) nutriente(s); también por la lixiviación de nutrientes del suelo o de la vegetación
4. Saturación de N o N excesivo en el ecosistema; Se nota por la pérdida de N del ecosistema, sea por la lixiviación de nitrato del suelo o por la emisión gaseosa de N (p. ej. óxido nitroso, N ₂ O)
5. Interacciones entre compuestos de N y otros contaminantes atmosféricos (p. ej. si la deposición de N afecta la sensibilidad de las plantas al O ₃)
AZUFRE
1. Daño directo a las vegetación por SO ₂
2. Desequilibrio nutricional inducido por la lixiviación de cationes de la vegetación o del suelo por el exceso de SO ₄ ²⁻
EFECTOS POSIBLES CAUSADOS POR LA ACIDEZ PER SE
1. Daño directo a los tejidos de la vegetación
2. Desequilibrio nutricional inducido por la lixiviación de cationes de la vegetación o del suelo
3. Toxicidad a las raíces por el aluminio soluble en el suelo, lo cual puede reducir la cantidad de calcio o magnesio disponible

The TERRESTRIAL ECOSYSTEMS REGIONAL RESEARCH & ANALYSIS Laboratory: Regional Collaboration to Address Global Change Issues:

Douglas G. Fox^a, Brenda G. Faber^b, Donn G. DeCoursey^c,
William W. Wallace^d, Raymond D. Watts^e, and Robert G. Woodmansee^f

ABSTRACT

Terrestrial ecosystem research under the context of global change is described. A primary objective of the current interest in Global Change research is development of methods to simulate the role human's play in the natural processes of the earth system. A key characteristic of this work is the need to understand and predict the behavior of regional systems. This understanding requires broadly interdisciplinary research that cuts across many spatial scales. Research that is generally beyond the capabilities of any one group or organization to conduct. Because of this the US Global Change research program developed the Terrestrial Ecosystems Regional Research and Analysis (TERRA) Laboratory as an interagency effort. TERRA is designed to be an open, collaborative laboratory to facilitate the conduct of regional research. To accomplish its mission, TERRA is developing decision analysis methodologies. These methodologies bring tools, such as GIS and models, together with procedures, such as groupware and collaboration technologies for application to regional problems. TERRA and these concepts are briefly described in this paper.

INTRODUCTION

Global change is a concept that involves not only global climate change but population growth, increased industrialization, increased pollution, increased demand for and use of agricultural, water, range, and forest resources. These increased demands are accompanied by increased awareness of the environment and growing concern that it be managed in a sustainable manner.

Three principles of *global change* are:

(1) The earth is a unified system with atmosphere, oceans, land and humans all interacting with each other, exchanging energy, chemicals and water between each other. Furthermore, it is possible to describe, simulate or model, many of the processes of behavior within and between each of these components, especially the atmosphere and the oceans, with mathematical formalisms such that future system behavior can be predicted as can response to perturbations from the current state (Ojima 1992). For example, we have constructed global atmospheric general circulation models that predict tomorrow's weather based on today's observed conditions. These models are not perfect, in part because the system exhibits so called chaotic behavior but they are good enough to suggest possible climate futures. Recognizing that the system is complex and can behave in a broad array of alternative ways does not diminish the significance of the ability to predict. Indeed, it suggests it might be wise to attempt to understand fundamental processes and use modeling techniques to predict possible futures for the entire system, the atmosphere, ocean, land, human coupled system we call the *Earth System*.

(2) Humans are influencing the earth system on a global scale. We have long known that people affect resources locally but in the 20th Century we have learned that the local effects expand to regional effects and to global effects as population and industrial production increase. Acid rain in Europe and the United States illustrates regional impacts while measurements of CO₂ in the atmosphere illustrates the

^a Chief Meteorologist, USDA-FS / and Dir. of TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

^b Advisory Engineer, IBM/TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

^c Res. Hyd. Engr. USDA-ARS/TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

^d Sr. Systems Analyst, CIESIN/TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

^e Res. Phys. Sci. USDI-GS/TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

^f Prof. Range Sci. Colo. St. Univ. / TERRA, 315 W. Oak St., Suite 101, Fort Collins, CO 80521

global scale of impact. The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) last summer highlighted recognition of the global nature of environmental concerns and showed a global commitment to seek unified solutions to these problems.

(3) UNCED illustrates one of the characteristics that makes us human, namely a desire to sustain our system. Not simply content to survive, we develop philosophies, follow religions, and support governments that teach us to be responsible stewards of our earth system.

As a logical response to these three principles, the scientific community has organized a global research effort with the objective of developing an integrated earth system predictive model, the International Geosphere-Biosphere Program (IGBP). Scientists have completed, under the auspices of the World Meteorological Organization, an assessment of the global effects of predicted climate change (IPCC). Both of these efforts identified a need for improvements in the terrestrial and human components of the earth system model. In response, the IGBP has organized a Global Change and Terrestrial Ecosystems (GCTE) activity area as well as a Human Dimensions of Global Change (HDGC) activity. Both of these Programs approach the global system by first concentrating on developing an understanding of the behavior of regional systems. The logic is simply that it is not possible to go from our current local and limited scale of understanding to a global understanding without passing through some intermediate steps at the regional level. Regions are sufficiently complex to require broad integration of analysis capabilities while being more approachable than the global scale.

Within the United States Global Change Research Program, the Departments of Agriculture and the Interior, through the Agricultural Research Service, Soil Conservation Service, Forest Service, and the Geological Survey, have agreed to work together to develop a regional research capability. The Terrestrial Ecosystems Regional Research and Analysis Laboratory (TERRA) is the result.

TERRA lab develops regional analyses by bringing scientists of vastly different disciplines together. TERRA does not have the capability to develop regional understanding and construct comprehensive models itself, rather we rely on the capabilities available from within our sponsoring Agencies and the scientific community at large. TERRA seeks to

become expert in facilitating collaboration using a mixture of technology and procedures to maximize interactions and joint accomplishments.

TERRA

TERRA is a new interagency laboratory located in Fort Collins, CO. It was chartered by a memorandum of understanding (MOU) between the US. Department of Agriculture and the US. Department of the Interior. Agencies representing the Department of Agriculture include the Agricultural Research Service (ARS), the Forest Service (FS), and the Soil Conservation Service (SCS). The Department of Interior is represented by the Geological Survey (GS). Other institutions currently collaborating with TERRA by providing scientific and technical staff to the Laboratory are IBM Federal Systems Company, CIESIN (the Consortium for International Earth Science Information Network), and Colorado State University. The University of Colorado's CADSWES (Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems), and NCAR (National Center for Atmospheric Research) are cooperating on specific tasks with TERRA scientists. A number of other scientists are interacting with TERRA as associates helping develop tools and collaboration procedures.

GLOBAL CHANGE and REGIONAL ANALYSIS

TERRA was established to act as a hub for ecosystem modeling efforts. TERRA recognizes that the terrestrial ecosystem components of earth system models are incomplete and do not provide adequate linkages to human process components. TERRA was established to facilitate strengthening these linkages, and to help "bridge the gap" between the global scales of analysis that are the focus of the Global Change Program and the local scale of human land use of terrestrial ecosystems, for example by land and resource management agencies. A element of this bridge is the **regional analysis**. **Regional analysis**, as used here, means a comprehensive analysis of interactions between the physical/chemical/biological (PCB) system and the Socioeconomic and Stakeholder system (SES). By its nature such an analysis requires a broad array of physical and biological scientists interacting with economists and other social scientists to define the behavior of the system. However, a broad array of scientists are not sufficient to conduct a meaningful regional analysis. The knowledge base of the

scientists needs to be supplemented with the knowledge of other individuals who work directly with the land, either as owners of the land and its resources, managers of publicly held land and resources or as regulators ensuring environmental quality. These "stakeholders" and their knowledge and concerns must be considered in any regional analysis (Woodmansee & Ribsame 1993). Because there is so broad an array of "actors" in the regional analysis stage, TERRA's initial focus is on developing collaboration and on providing a decision support environment (equipment, software, and methodologies). TERRA plans to bring scientists, stakeholders and government agencies together to jointly formulate, develop and apply integrated ecosystem models for use in regional analysis.

COLLABORATION TECHNOLOGY

TERRA is acquiring a number of collaboration tools and technologies and is developing implementation procedures to enable people in a wide variety of disciplines to work together. Collaboration technologies include facilities, computers, and software programs designed to enhance convergence in interdisciplinary decision making and strategic planning. Tools take the form of powerful computer workstations and personal computers (PC's) running software that simplifies loading, linking, visualizing, and applying ecosystem models. Procedures include new ways to work together through the use of computer and visual environments to maximize creativity in time-constrained working sessions. Meeting efficiency and effectiveness is enhanced using a work station and PC's linked to operate in a shared capacity so that data, models and information used in the meetings are group accessible.

In order to focus collaboration on regional analysis, TERRA is designing a decision analysis methodology to link models, data bases and stakeholders in a common conceptual framework. The methodology as planned will include a broad library of available ecosystem component models, access to remotely-sensed and ground-based data, and a geographic information system; all integrated by an interface architecture of logic, expert opinion, and quality assurance. It will provide a dynamic capability to assess multiple interaction policy questions using the latest science and best communication tools available. We refer to the combination of tools, collaboration technologies and procedures to use them as the TERRA Tool-CACE (TERRA Tools for Collaborative Analysis of Changes in Ecosystems).

TERRA's Tool-CACE

TERRA's tools for collaborative analysis of change in ecosystems are more fully described in Faber, *et.al.*, 1993. Aspects of the Tool-CACE include:

1. DECISION ANALYSIS METHODOLOGY

The TERRA Decision Analysis Methodology is structured around a logical set of steps for team system design. DeCoursey *et al.* 1993 provides a detailed description of the steps outlined below:

1. Identify and define a local decision
2. Use core team(s) to do an initial analysis of the problem
3. Gather an interdisciplinary group of scientists and stakeholders
4. Define model to represent the system defined by the team(s)
5. Reconvene the team(s) to exercise the system model

TERRA's primary role is to be a facilitator of the process outlined above. To that end, TERRA is developing a collaborative environment for scientists, managers and stakeholders to interact in the design and evaluation of ecosystem process models.

2. TEAMWORK AND TECHNOLOGY

We will use teams to discuss issues and develop conceptual models of regional systems. The teams will allow inclusion of a broad spectrum of views and perspectives. Teamwork can encourage cross-fertilization of ideas and can lead to a broader ownership of the result of the group's efforts (Galegher & Kraut 1990). Group Decision Support Systems (GDSS) seek to enhance the power of teamwork by integrating technologies. While Decision Support Systems help the decision maker with specialized computing power (e.g.: spreadsheets, geographic information systems, computer aided design systems, etc.), these systems operate in a single-user, single-workstation mode. GDSS's provide the technology for supporting teams in the decision analysis process.

Integrating technology and teamwork can create more efficient team interaction, provide electronic meeting documentation, and allow group visualization of data and results. However, overuse of technology in a group setting might also weaken the inherent value of face-to-face interaction. For example, gestures are fundamentally important to

communication, but gesture information is lost when computers are used as a communication medium (Grudin 1991). In addition, the use of computer systems as a "go-between" for participants may diminish the spirit of cooperation that is crucial between group members. TERRA is working to establish the proper balance between technology and teamwork by developing a meeting environment which stimulates team interaction. Each step in the TERRA Decision Analysis Methodology is being carefully examined and tested to determine an appropriate mix of technology and personal interaction.

3. THE MEETING ENVIRONMENT

TERRA believes that the meeting environment should balance technical support and interpersonal communication. TERRA plans to provide each participant with a laptop computer. The laptops will access supporting software and applications, but are unobtrusive minimizing effects on eye contact and verbal interaction between the participants. All laptops will be connected via a local area network. This provides not only the capability for participants to interact electronically, but also the capability to "tap into" powerful workstations, printers, and other remote resources. In addition, a networked series of laptops constitutes an easily portable system so that almost any room can be transformed into a team room.

4. ELECTRONIC INTERACTION

A serious weakness to traditional meeting formats is the influence of human personality on verbal exchange. The opinions of the more outgoing or aggressive participants are expressed more vigorously and frequently, and thus tend to have a disproportional influence on the outcome of the meeting. In addition, the terminology used by some participants may have no context for others. Finally, social barriers may also exist. In land resource teams for example, it would not be uncommon for some parties to have a history of litigation. A meeting system developed by University of Arizona provides an alternative means for information exchange in an electronic meeting environment (Vogel & Nunamaker 1990). TERRA is currently using IBM's implementation of this electronic meeting environment known as TeamFocus*.

* Identification of vendors' products throughout this document is for the purpose of credit and does not constitute endorsement by the authors.

5. GROUP VISUALIZATION AND DESIGN

Another class of tools used by TERRA includes those which allow a group to view or create information together. For TERRA purposes, these tools support group design and visualization of ecosystem impacts and interactions. Some examples include single-workstation brainstorming tools such as The Idea Generator from Gerard I. Nierenberg and Inspiration from Inspiration Software. Applications such as Decision Pad from Asplan Software can be used as a single-workstation method for analyzing alternatives and criteria. Another key component in group analysis of environmental issues is the use of a Geographic Information System (GIS) (Armstrong 1992). A GIS is a computer tool which supports the manipulation and visualization of spatial information (i.e. information which has historically been recorded on paper maps). GIS is used early in the TERRA Decision Analysis Methodology to give participants insight into the geographic bounds of a decision; this allows the group to visually explore spatial characteristics of an issue such as vegetation cover, population density, or drainage patterns. A third tool that TERRA needs is a model structure visualization tool. This tool is crucial for allowing the group to construct a conceptual model. This tool can be characterized as part CAD (Computer-Aided Design) tool, part CASE (Computer-Aided Software Engineering) tool, part hypertext. The tool allows the group to view processes or sub processes as icons on a screen. Lines connecting the icons define relationships and influences among system components. The group uses this tool to analyze interacting processes in the system: soils, climate, water, vegetation, animal-life, economics, social processes, and cultural influences. Icon shape denotes process, control, data, storage, or decisions. Output from this tool is used as a blueprint to define a modeling system based on the group's input. Commercially available tools which provide capabilities such as this include Top Down from Kaetron Software Corporation, Demos from Lumina Decision Systems, Inc., MetaDesign from Meta Software Corporation, and OpenSELECT from MERIDIAN Software Systems.

6. GROUP SIMULATION VIA A MODELING COMPLEX

The TERRA Decision Analysis Methodology also includes a modeling complex which both provides a framework for integrating existing models into a regional simulation system, and enables interactive exploration of alternatives and solutions. Once the TERRA Decision Analysis Methodology has

identified potential influences associated with a regional issue, the objective is then to incorporate these influences/impacts into a regional simulation system via models and data. TERRA recognizes the broad range of models in existence today and does not want to duplicate this work, but rather provide a framework for integrating these existing models for use in regional impact simulation. For early prototypes, TERRA is using MMS (Modular Modeling System), a cooperative development effort between CADSWES and USGS Water Resource Division (Leavesley *et.al.*, 1992). MMS provides the framework for integrating existing models into a working system of building blocks, including the model data bases, parameter values, system states and conversion algorithms. MMS also provides a visual editor which allows a group to interactively construct simulation sequences from the model building blocks. The output from these simulation runs is in the form of powerful visual effects representing statistical spreads, geographic impacts, and/or temporal changes. From these results, the group can "see" the regional impacts of various decision alternatives.

TESTBED ANALYSES

TERRA will approach development and testing of the Tool-CACE and the DAM by addressing a sequence of increasingly complex regional pilot analyses to act as a testbeds. These testbeds will be regional in geographic scale and complex in scope, involving more than a single entity in the analysis. They will focus on the arid and semi-arid Western United States at least initially. They will involve water allocation, vegetation utilization (croppine, grazing, and logging), and land use restrictions for resource protection (wilderness, targeted and endangered species, environmental regulations).

The initial pilot analysis, is being conducted in cooperation with the Colorado River Headwater Forum (CRHF). The CRHF was established by the Northern Colorado Council of Governments to provide a forum for the discussion, and cooperative resolution, of issues related to water allocation associated with the headwaters of the Colorado River in northern Colorado. Members of the CRHF include state, county, and local agencies, Federal regulatory agencies, industry, agriculture, and conservation/environmental interest groups. TERRA is working with CRHF to study a water utilization issue related to reclamation efforts of the Climax Mine, near Leadville, CO. The Climax Mine, owned and

operated by the Climax Molybdenum Company, occupies a 12,000 acre site at 12,000 feet above sea level, astride the Continental Divide and at the headwaters of the Arkansas, Tenmile, and Eagle Rivers. The Climax Mine is an active participant in the Colorado River Headwater Forum.

Climax Mine plans to convert a current tailing pond to a fresh water reservoir to be known as Eagle Park Reservoir, with a potential capacity range from roughly 3000 to 28,000 acre feet. TERRA is developing its decision analysis methodology to evaluate the environmental, social, and economic impacts of executing this reservoir project, as compared to identified alternatives for water sources, water diversion, and potential water customers. As part of the pilot analysis, TERRA is also considering the benefits of the Eagle Park Reservoir project under historically observed drought conditions.

This pilot analysis was selected because the CRHF represents a regional scale political infrastructure that was created to fill a void in western water allocation decision-making. As such the group is well aware of their role in decision-making and also of the significance of technical information, both models and data. TERRA selected this issue because it provided an opportunity to interact with a sophisticated and experienced organization of stakeholders, to work on a regional issue that is geographically limited in scope and one for which the basic system models and GIS data layers are established. It provides an excellent test of the utility of the DAM and of TERRA's ability to implement its Tool-CACE.

A second, and rather larger scale pilot analysis TERRA is considering involves the Rio Grande/Rio Bravo Basin, from its headwaters in Colorado to its outlet into the Gulf of Mexico at Brownsville, Texas. This analysis involves a large multi-state/multi-country region. The "Rios" represents a very different activity. The Rio Grande/Rio Bravo Basin (RGGB) Consortium was recently formed to study the issue of sustainability of the Basin and its economy. The Consortium is a broad coalition of groups organized by the University of New Mexico. TERRA will be working with the Consortium to facilitate development of models and geo-referenced databases to address regional sustainability. In this case TERRA will be working primarily with scientists, both natural and social, providing an opportunity to test TERRA methodologies with scientists.

There are other scales, both larger and smaller than represented by the pilot projects mentioned

above, that require the type of broad technical analysis that TERRA can facilitate. Among the most important will be development of a pilot analysis to bring Federal agencies together for a regional analysis. A few candidates exist within TERRA supporting agencies but none has yet been selected. As TERRA's program develops, we hope others with a direct interest will join with us to conduct the analysis.

CONCLUSIONS

This paper has described the TERRA concept for regional analysis. This concept involves the use of a special collaborative meeting environment to facilitate a team approach to ecosystems process design and evaluation.

TERRA has a small staff whose focus is on developing collaboration technologies and providing a hospitable environment for agency scientists and collaborators to work together. Its computer hardware and software is available to any scientist who wishes to work with the staff. TERRA continues to actively seek out additional sponsors and collaborators engaged in terrestrial ecosystem research to participate in the development of the TERRA decision support technologies and methodologies.

REFERENCES

- Armstrong, M., "GIS and Group Decision-Making: Problems and Prospects", in Proceedings of GIS/LIS '92, American Congress on Surveying and Mapping, Bethesda, MD, 1992, pp. 20-29.
- Faber, B.G., Fox, D.G., DeCoursey, R. Watts, R. Woodmansee, and W. Wallace, "Terrestrial Ecosystems Regional Research and Analysis: Interagency Decision Support Environment, in Preprints for the Air & Waste Management Association 84th Annual Meeting, Denver, CO, 1993, Submitted for approval.
- Galegher, J. and R. Kraut, "Technology for Intellectual Teamwork: Perspectives on Research and Design" in Intellectual Teamwork: social and technological foundations of cooperative work; J. Galegher, R. Kraut, and C. Egidio, Eds.; L. Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ., 1990, pp. 1-20.
- Grudin, J., "CSCW Introduction, Communications of the ACM, 34(12):31-34, (1991).
- Leavesley, G., P. Restrepo, L. Stannard, and M. Dixon, "The Modular Hydrologic Modeling System - MHMS", in Proceedings from AWRA 28th Conference and Symposium, Reno, NV., pp. 263-264.
- Ojima, D. (1992) Modeling The Earth System, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO., 288 p.
- Vogel, D. and J. Nunamaker, "Design and Assessment of a Group Decision Support System", in Intellectual Teamwork: social and technological foundations of cooperative work; J. Galegher, R. Kraut, and C. Egidio, Eds; L. Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ., 1990, pp. 511-528.
- Woodmansee, R. and W. Reibsame, "Evaluating the Effects of Climate Changes On Grasslands", in Proceedings of the XVII International Grassland Congress, New Zealand & Queensland, Australia, p73 1993, Submitted for approval.

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE

S. V. Krupa. Department of Plant Pathology. University of Minnesota.
495 Borlaug Hall. 1991 Buford Circle. St. Paul, Minnesota 55108, USA

*Little upon his little earth, man contemplates the universe
of which he is both judge and victim.*

W. H. Auden, "Commentary"

ABSTRACT

Our knowledge of global climate change is riddled with uncertainties. Although whether global air temperature will increase, by how much and when is subject to debate, there is little doubt that tropospheric concentrations of several trace gases are increasing. While possible increase in the air temperature is a product of these changes, the increase in the trace gases alone will have an effect on agriculture. Increases in the ambient concentrations of carbon dioxide are expected to have a positive effect on crop production. In contrast, any increases in the penetration of surface level ultraviolet-B (280-320 nm) radiation and known increases in surface ozone concentrations are considered to have an adverse effect on certain crops. Our present knowledge of the joint effects on crops of elevated levels of carbon dioxide, ultraviolet-B radiation and ozone and possible alterations in air temperature and precipitation patterns is virtually zero. Therefore, any predictions of global climate change effects on agriculture are subject to significant uncertainties. In contrast, coupling of climate change (only temperature and precipitation) models to crop production have led to a number of predictions of future scenarios.

While the available scientific base may be inadequate, policy makers must consider agriculture related global issues such as economics, population growth, energy production and use and resource management. Conversely, plant scientists must strive to sustain and improve crop production, at least for the time being before population growth could be slowed down.

RESUMEN

Nuestro conocimiento del cambio global del clima está incierto. Aunque la temperatura global se incrementara cuánto y cuándo está aún en debate: Sin embargo, hay poca duda que las concentraciones tropicales de gases raros se está incrementando. Mientras que es posible que la temperatura del aire se

explica como un producto de estos cambios, el incremento de los gases raros aisladamente, tendrá un efecto en la agricultura. El incremento de las concentraciones de dióxido de carbono, en contraste, cualquier incremento en la penetración de la radiación ultravioleta - B(280-320nm) de nivel superficial, e incrementos conocidos en concentraciones superficiales de ozono, tienen un efecto adverso sobre ciertos cultivos. Nuestro conocimiento presente de los efectos aditivos sobre los cultivos, de niveles elevados de CO₂, radiación ultravioleta-B, ozono, posibles alteraciones de la temperatura del aire y los patrones de precipitaciones, es virtualmente cero. Por ello cualquier predicción global del efecto del cambio climático sobre la agricultura, están sujetos a incertidumbre significativa. En contraste, los modelos del acoplamiento de cambio climático (sólo por temperaturas y precipitación), ha conducido a un número de predicciones de escenarios futuros. Mientras que la base científica disponible puede ser inadecuada, los reglamentadores deben considerar los sujetos globales relacionados con agricultura, tales como la economía, el crecimiento demográfico, la producción y uso de energía, y el manejo de recursos. Adicionalmente, los científicos de la agronomía deben luchar para sostener y manejar la producción de cultivos, por el momento, hasta que el crecimiento demográfico pueda ser reducido.

INTRODUCTION

Over the next 50 years, if the word "climate" is considered in its broadest sense, we will see changes in the: partial pressure of atmospheric carbon dioxide, temperature and moisture distribution, mid-range ultraviolet energy (UV-B, 280-320 nm) reaching the surface, the amounts and distribution of tropospheric ozone (O₃) and aerosols and probably the frequency of high winds (Lodge, 1990). Some of these changes will be related to "natural" climatic shifts, while others will be related directly to human activities. Most researchers believe that the climate will simply become warmer worldwide (Parry, 1990). Obviously this must be true on a global mean basis, but this is

by no means necessarily true for a given spot on the earth, or even for a given nation or continent. Instead sizable areas may well become warmer, colder, drier, wetter, or remain unchanged, so far as annual statistics are concerned. Probably a portion of the added energy will manifest itself in added weather extremes--changes not in mean values, but in standard deviations of those means, and in the frequency of severe weather such as high winds or severe thunderstorms (Lodge, 1990).

Current concern over climate change is based on the accumulation in the atmosphere of a number of substances, "greenhouse gases" produced by human activity (e.g., carbon dioxide, CO₂; carbon monoxide, CO; methane, CH₄; nitrogen and sulfur oxides, NO_x and SO_x; halocarbons, CFCs and OBs; organics, OCs; and assorted particulate species) (EarthQuest, 1990). Few of these are total novelties in the atmosphere. We are not experiencing unlimited accumulation of OCs, NO_x and SO_x, etc., since there are natural processes for their removal (Finlayson-Pitts & Pitts, 1986). However, the problems arise when we overload the system. The result is increased atmospheric concentrations of either the primary emissions or their early interaction products (Table 1).

Long-term changes in the atmospheric concentrations of CO₂ are understood and can be predicted in the context of future energy production (Rogers *et*

al., 1993). The CO₂ concentrations have increased from about 312-317 ppm in 1958 to about 347-357 ppm in 1990 (Figure 1). In contrast, results of UV-B monitoring have not shown increases in the radiation levels across all latitudes (Figure 2, Runeckles & Krupa, 1993).

Tropospheric O₃, like stratospheric O₃, absorbs mid-range ultraviolet radiation, and hence has some protective action. However, O₃ in the layer of air nearest to the ground is in contact with living organisms. Ozone is considered to be the most widespread phytotoxic air pollutant in the lower troposphere (Krupa & Manning, 1988). Based on the patterns of future energy development and patterns of global solar radiation, it is possible to predict geographic regions of high photochemical smog in the year 2025 (Figure 3, Kickert & Krupa, 1990). However, our knowledge of tropospheric O₃ patterns observed in these potential photochemical smog regions is extremely uneven in coverage. Nevertheless they include: N. America (southwest US; east-southeast US; the Valley of Mexico; and Vancouver and Toronto areas in Canada), S. America (eastern and parts of other areas in Brazil, Argentina, Paraguay and Chile), the Mediterranean Rim (north Africa, Middle East and southern Europe), the United Kingdom, South Africa (Johannesburg region), China (the eastern section), most of the Indian sub-continent, Far East (Japan, Korea and Taiwan) and southern Australia (Kickert & Krupa, 1990).

Table 1. Summary of atmospheric processes and products relevant to global climate change.

Processes	Products
Loss in stratospheric O ₃	Increased UV-B penetration ¹
Increases in greenhouse gases: CO ₂ O ₃ CO CH ₄ CFCs OBs N ₂ O COS SO ₂ ? NO _x (NO ₂ + NO) Changes in the concentrations of H ₂ O molecules	Changes in: Temperature Precipitation Radiation Evaporation Wind Secondary aerosols
¹ Increased UV-B penetration	Decreased tropospheric O ₃

CFCs = chlorofluorocarbons; OBs = organo-bromines.

¹Increased UV-B penetration may decrease tropospheric O₃ and affect other greenhouse gases. From: Runeckles & Krupa (1993).

Crop Responses to Global Climate Change

The history of development of the world's agricultural systems is to some extent the history of climatic changes of the past, coupled with technological advances that have permitted the successful production of crops and livestock in regions of the world far removed from their biological origins. Such developed agricultural systems lack much of the homeostatic resilience of natural ecosystems and have limited ability to resist climate change. Table

2 provides a summary of known plant responses to elevated levels of UV-B radiation, CO₂ and O₃. For detailed information, the reader is referred to Krupa & Kickert (1989), Runeckles & Krupa (1993) and Rogers *et al.* (1993). Because of the types of crop responses outlined, climatic changes will inevitably lead to changes in agricultural systems as average values and standard deviations of temperatures and rainfall patterns shift, and as changes occur in tropospheric levels of atmospheric constituents and irradiation.

Table 2. Overview of the general effects of CO₂, UV-B, and O₃ on crops in single exposure mode.¹

Plant characteristic	Plant response to environmental change		
	(Direct effect) doubling of CO ₂ only	(Stratospheric O ₃ depletion) increased UV-B only	Increased tropospheric O ₃ only
Photosynthesis	C3 plants increase up to 100%, but C4 plants show only a small or no increase	Decreases in many C3 and C4 plants	Decreases in many plants
Leaf conductance	Decreases in C3 and C4 plants	Not affected in many plants	Decreases in sensitive species and cultivars
Water use efficiency	Increases in C3 and C4 plants	Decreases in most plants	Decreases in sensitive plants
Leaf area	C3 plants increase more than C4 plants	Decreases in many plants	Decreases in sensitive plants
Specific leaf weight	Increases	Increases in many plants	Increases in sensitive plants
Crop maturation rate	Increases	Not affected	Decreases
Flowering	Earlier flowering	Inhibits or stimulates flowering in some plants	Decreased floral yield, number and yield of fruits, and delayed fruit setting
Dry matter production and yield	C3 plants nearly double, but C4 plants show only small increases	Decreases in many plants	Decreases in many plants
Sensitivity between species	Major differences between C3 and C4 plants	Large variability in response among species	Large variability in sensitivity between species
Sensitivity within species (cultivars)	Can vary among cultivars	Response differs between cultivars of a species	Response differs between cultivars of a species
Drought stress sensitivity	Plants become less sensitive to drought	Plants become less sensitive to UV-B, but sensitive to lack of water	Plants become less sensitive to ozone but sensitive to lack of water
Mineral stress sensitivity	Plants become less responsive to elevated CO ₂	Some plants become less while others: more sensitive to UV-B	Plants become more susceptible to ozone injury

¹There are exceptions to these general statements.

From: Krupa & Kickert (1989).

Dekker & Achununi (1990) point out that all sectors of agriculture are sensitive to weather and climate, and any substantial change will alter total productivity. However, this does not necessarily imply reduced productivity. In developed areas, agriculture is supported by a complex system of research, education, information, finance, and farm supply, overlaying the agricultural potentials of the available soils. Global warming will result in a decoupling of soil from climate, since, although soil characteristics are partly the result of past climates, soil properties change slowly relative to climatic change. Public policy and agricultural management will attempt to develop strategies for maintaining production in areas with the best present-day soils, in spite of shifts in climate. As an example, Dekker & Achununi (1990) cite the shift from wheat to barley in the northern Canadian Wheat Belt, attributable to shortened growing seasons. In contrast, the growth in US soybean acreages of the past has been almost entirely driven by the prospects of increased profitability.

Of equal or greater importance than direct effects of rising temperatures is the indirect effect on the hydrologic cycle, leading to shifts in the dependence on irrigation, where such water is available. Projected drier summers in parts of the US corn belt will probably see a shift from the production of corn to grain sorghum (Dekker & Achununi, 1990).

Providing that the climate change is gradual, plant breeders knowingly or unknowingly (while screening for other reasons) are likely to be able to develop new cultivars better suited to the changed conditions. However, as cropping practices change, parallel changes in pest control and management must be made in anticipation of the upsurge of pests and diseases well suited to the changed conditions. At least in some countries, at the present time biological control (including the use of resistant crop varieties and cultivars) of pests and diseases is the main thrust to minimize environmental contamination of chemical agents. Such an approach, however, has proven to be slow and is an extremely important consideration in assessing the impacts of climate change on agriculture. In the context of sustainable agriculture, minimum energy input and consistent energy output should be a major consideration. In as much as evolving climate and human intervention have shaped our agriculture, there are lessons to be learned from historical crop management practices such as the "Chinampa system" of southern Mexico.

Although CO_2 is a prime factor in projected global warming, increased CO_2 levels in the troposphere will influence crop production directly because of their effects on photosynthesis (Rogers *et al.*, 1993). Although C4 plants such as corn, sorghum, millet and sugarcane are more efficient users of CO_2 than C3 species (e.g., wheat, rice, and almost all other crops), C3 species benefit most from increased CO_2 levels. Because of their inherently better photosynthetic efficiency, C4 plants are more efficient users of water, but as Rogers & Dahlman (1990) point out, increased water use efficiency is an important consequence of increased CO_2 for both C3 and C4 plants.

Increased CO_2 levels cause shifts in the partitioning of assimilated carbon among different plant parts (roots, leaves, stems, pods, etc.) (Rogers *et al.*, 1993). Rogers & Dahlman (1990) suggest that a doubling of average CO_2 concentrations could lead to greater than 50% increases in potato and alfalfa yields, and almost 30% increases in the yields of corn and soybeans, if all other environmental factors are unchanged. In reality crop health is a product of its interaction with the total environment (Figure 4). Such an interaction is highly stochastic in its nature, exhibiting significant time (ΔT) dependent dynamics. Such a behavior must be coupled with the dynamics of climate (both physical and chemical) change. Because of the spatial variation in the climate and prevalent feedback mechanisms, present predictions of the impacts of climate change on agriculture include significant uncertainties. Because of these considerations, better simulation models are needed that can deal with the interactive effects of CO_2 with other environmental factors.

One of these is the level of UV-B radiation reaching the Earth's surface as a result of stratospheric ozone depletion. Teramura (1990) has stressed the wide range of sensitivities of plants to UV-B: some species are sensitive to current levels, while others are apparently unaffected by massive enhancements. The genetic basis of sensitivity if revealed in comparisons of soybean cultivars: Essex is sensitive, while Williams is tolerant. However, such sensitivity can be masked by other stresses, such as drought. At present, we know little about the interactions between UV-B and other variables involved in climate change, although such interactions will exercise profound effects on the nature of quantitative changes in growth, and will also influence the quality of crop yield (Krupa & Kickert, 1989).

A further interactive component of climate change is the current global spread of tropospheric O₃ pollution. The available evidence shows that current surface-level O₃ concentrations can result in substantial crop losses in many parts of the world (Marie & Ormrod, 1990; Heck *et al.*, 1988; Environ. Pollut., 1988). Other environmental stresses, particularly drought, can dramatically modify the response to O₃; where drought is severe, it tends to minimize the adverse effects of O₃. There is also evidence indicating that warmer air temperatures decrease O₃ sensitivity. However, much more needs to be known about these and other interactions before it will be possible to determine the relative importance to crop production of changes in CO₂, UV-B, and O₃ levels, with or without the influence of temperature and water availability.

Considerations Relevant to the Study of the Joint Effects of Altered Ambient CO₂, UV-B, O₃, Temperature and Moisture Levels on Crops

Many of us tend to view plant health in the ambient environment as a univariate system, as we have, for example, in many of our studies on the potential adverse effects of acidic precipitation on terrestrial vegetation (Lefohn & Krupa, 1988). In many of our field experiments, what is expected to serve as a control for a given independent variable, most likely does not serve as a realistic control for another independent variable of concern. Given what we know, greater emphasis should be directed to experiments conducted in open, ambient environments so as to increase our confidence in the results we obtain. While traditionally air pollution effects scientists are concerned about the complexity attached to this approach, systems level modelers do not have a similar concern (Kickert & Krupa, 1991). Equally important is the fact that there are few studies where atmospheric scientists, mathematicians and biologists have truly joined together to conduct a specific study in common time and space, from start to finish on a continuous basis (Legge & Krupa, 1990).

Figures 5a and 5b show potential simultaneous and sequential exposure dynamics of multiple stress factors of concern relevant to future vegetation response research. Such exposure dynamics, according to Krupa & Kickert (1989), can result, as an example, in:

(1) No interaction between the stress factors. The "Law of Limiting Factors" might prevail in which

the most severe stress overrides plant response; or

- (2) A cumulative effect in which the net plant response is simply the sum of stress effects (additive) from O₃ and increased UV-B regardless of the temporal patterns of exposure; or
- (3) There might be a more than additive effect where the plant response is more severe than would be found from either stress singly. There is also the possibility of a less than additive interaction in the sense that high ambient CO₂ might allow sufficient repair processes to proceed in some plants so that sensitivity to increased UV-B and/or ambient O₃ may be reduced.

If one conceives of mathematical functions, or graphs, where the "UV-B effect" and "Ozone effect" on net photosynthesis (P_{NA}) as an example are scaled between 0.0 to 1.0 as functions of UV-B(BE) and ambient O₃ exposure respectively, then, as a first approximation to mathematical model development, we consider the following counterparts to the three hypotheses stated above:

$$(1) P_{NA} = P_{NCO_2} * AMIN (UV-B \text{ effect}, O_3 \text{ effect})$$

where P_{NCO₂} is the net photosynthesis modeled as a response to increased CO₂, P_{NA} is net photosynthesis after adjustment for UV-B and/or O₃, and AMIN is a computer program function that means "use the minimum value of the variables in parenthesis" which actually represent the most severe stress;

$$(2) P_{NA} = P_{NCO_2} * (1 - AMIN [(1 - UV-B \text{ effect}) + (1 - O_3 \text{ effect}), 1])$$

$$(3) P_{NA} = P_{NCO_2} * C * (UV-B \text{ effect} * O_3 \text{ effect})$$

where C is a coefficient of proportionality. This set of alternative hypotheses could be imbedded within a larger, comprehensive crop growth model run day-by-day over the growth season for the purpose of conducting computer simulation experiments.

For those plant species that show sensitivity to any two of the environmental stimuli, O₃, enhanced UV-B radiation, or increased CO₂, or especially for those species that are sensitive to all of these stimuli, serious questions must be raised about the results of ambient field exposures of such plants to either O₃, enhanced UV-B, or increased CO₂ alone. For

example, at least at the low elevation sites, daily periods when vegetation act as major CO₂ sinks, those are also the periods when maximum ambient O₃ concentrations prevail. One of the main effects of O₃ is on photosynthesis. We know of no ambient field exposures of plants to O₃ in which the study also included measurements of natural UV-B and ambient CO₂ concentrations or fluxes. Any plant effects not attributable to O₃, which might have occurred in such studies would be unidentified and masked in the error terms of any quantitative analyses. Likewise, none of the open field experiments of enhanced UV-B radiation on plants have included the measurements of ambient O₃, or any other air pollutant. Accordingly, results of such studies could be confounded by the effects of pollutants such as the increase in CO₂, in addition to failing to describe microclimatic flows of radiant and heat energy and moisture, for comparison to analogous studies in artificial exposure environments. However, if any increase in CO₂ in the field is a very stable long-term process without a high frequency of variability, it simply means that the relative level of effects between plant species and cultivars under experimentally enhanced UV-B radiation might not be affected by the long-term increase in CO₂. The absolute level of effects would, however, be unknown because we do not know the past concentrations of CO₂ at a given geographic environment to which plant species and cultivars have become adapted over time.

One way out of this dilemma in the future is for field experiments to include monitoring and analysis of all three potential stress factors, in addition to the more common considerations generally given to soil and meteorological constraints, as well as the effects of biotic pathogens and pests, on plant growth. First order numerical time series models which can accommodate such measurements in evaluating cause-effects relationships are presently available (Krupa & Nosal, 1989a,b). However, such models must be integrated with approaches to plant pest and disease epidemiology and would require the use of main-frame computers and innovative mathematical concepts.

A Future Perspective

Any predictions of future global climate change is closely coupled to the rate of population growth and its extent. Given the geographic patchiness of such growth, energy consumption and production will change significantly at a global scale. Consequently contribution to the chemical burden of the

atmosphere will change disproportionately at the level of the individual nations. While economically developed nations strive to reduce this burden, poverty and illiteracy will dictate the future course of the developing nations. While world food supply will be a critical determinant, we must strive to prevent this factor from being a limitation. In as much as agriculture will be affected by climate change, crop systems also serve as a source (e.g., methane emissions from rice paddies) for such a change. In the end, in addition to a holistic approach on climate change impacts on agriculture, international cooperation through information and scientific exchange, economic support, public education, reduction in population growth, environmental conservation and resource management will all play a role. The agricultural sector must consider all these features in future crop production. The ratio of energy output (crop production) to energy input (resources used) must increase to meet the potential problems posed by global climate change. This is a challenge that we must all face head-on, before population growth can be managed.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am most grateful to my colleagues V. C. Runeckles, A. H. Chappelka and R. N. Kickert with all of whom I previously co-authored portions of this manuscript for other purposes. I also thank Leslie Johnson who provided valuable assistance in the preparation of this paper.

REFERENCES

- Boden, T. A., Sepanski, R. J. & Stoss, F. W. (Eds.) (1991). Trends '91: A Compendium of Data on Global Change. U.S. Dept. of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, ORNL/CDIAC-46, 665 pp. + appendices.
- Dekker, W. L. & Achununi, V. R. (1990). Greenhouse warming and agriculture. Paper No. 90-151.2 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.
- EarthQuest. (1990). University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, 4(2), 20 pp.

- Environmental Pollution. (1988). Response of crops to air pollutants. *Environ. Pollut.*, 53(1-4), 1-478.
- Finlayson-Pitts, B. J. & Pitts, J. N., Jr. (1986). *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*. John Wiley & Sons, New York, 1098 pp.
- Frederick, J. E., Snell, H. E., & Haywood, E. K. (1989). Solar ultraviolet radiation at the earth's surface. *Photochem. Photobiol.*, 50(8), 443-50.
- Heck, W. W., Taylor, O. C. & Tingey, D. T. (Eds.) (1988). *Assessment of Crop Loss From Air Pollutants*. Elsevier Applied Science, London, 552 pp.
- Keeling, C. D., Bacastow, R. B., Carter, A. F., Piper, S. C., Whorf, T. P., Heimann, M., Mook, W. G. & Roeloffzen, H. (1989). A three dimensional model of atmospheric CO₂ transport based on observed winds: 1. Analysis of observational data. In *Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas*, ed. D. H. Peterson. *Geophys. Monogr.* 55, American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 165-236.
- Kickert, R. N. & Krupa, S. V. (1990). Effects of global climate change: Tropospheric ozone and forest responses. Paper No. 90-152.1 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.
- Kickert, R. N. & Krupa, S. V. (1991). Modeling plant response to tropospheric ozone: A critical review. *Environ. Pollut.*, 70, 271-383.
- Krupa, S. V. & Kickert, R. N. (1989). The Greenhouse Effect: Impacts of ultraviolet (UV)-B radiation, carbon dioxide (CO₂) and ozone (O₃) on vegetation. *Environ. Pollut.*, 61: 263-392.
- Krupa, S. V. & Kickert, R. N. (1992). The greenhouse effect: The impacts of carbon dioxide (CO₂), ultraviolet-B (UV-B) radiation and ozone (O₃) on vegetation (crops). In *Proc. Int. Conf. CO₂ and the Biosphere*, Wageningen, The Netherlands (15-19 November 1991). *Vegetatio*. (In press).
- Krupa, S. V. & Manning, W. J. (1988). Atmospheric ozone: Formation and effects on vegetation. *Environ. Pollut.*, 50, 101-137.
- Krupa, S. V. & Nosal, M. (1989a). Effects of ozone on agricultural crops. In *Atmospheric Ozone Research and Its Policy Implications*, ed. Schneider, T., Lee, S. D., Wolters, G. J. R. & Grant, L. D. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 229-238.
- Krupa, S. V. & Nosal, M. (1989b). Application of spectral coherence analysis to describe the relationships between ozone exposure and crop growth. *Environ. Pollut.*, 60, 319-330.
- Lefohn, A. S. & Krupa, S. V. (Eds.) (1988). *Acidic precipitation: A technical amplification of NAPAP's findings*. Proceedings of an APCA International Conference, Pittsburgh, PA, 239 pp.
- Legge, A. H. & Krupa, S. V. (Eds.) (1990). *Acidic Deposition: Sulphur and Nitrogen Oxides*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 659 pp.
- Lodge, J. P., Jr. (1990). Climate change in the context of forest response. Paper No. 90-152.4 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.
- Marie, B. H. & Ormrod, D. P. (1990). Effects of tropospheric ozone on plants in the context of climate change. Paper No. 90-151.3 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.
- Parry, M. L. (1990). *Climate Change and World Agriculture*. Earthscan in association with the International Institute for Applied Systems Analysis and United Nations Environment Programme, London, 157 pp.
- Rogers, H. H. & Dahlman, R. C. (1990). Influence of more CO₂ on crops. Paper No. 90-151.1 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.
- Rogers, H. H., Runion, G. B. & Krupa, S. V. (1993). Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. *Environ. Pollut.* (In press).
- Runeckles, V. C. & Krupa, S. V. (1993). The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. *Environ. Pollut.* (In press).

Teramura, A. H. (1990). Ozone depletion, ultraviolet light and plants. Paper No. 90-151.4 presented at the 83rd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 24-29, 1990.

MONTHLY AVERAGE CARBON DIOXIDE CONCENTRATION

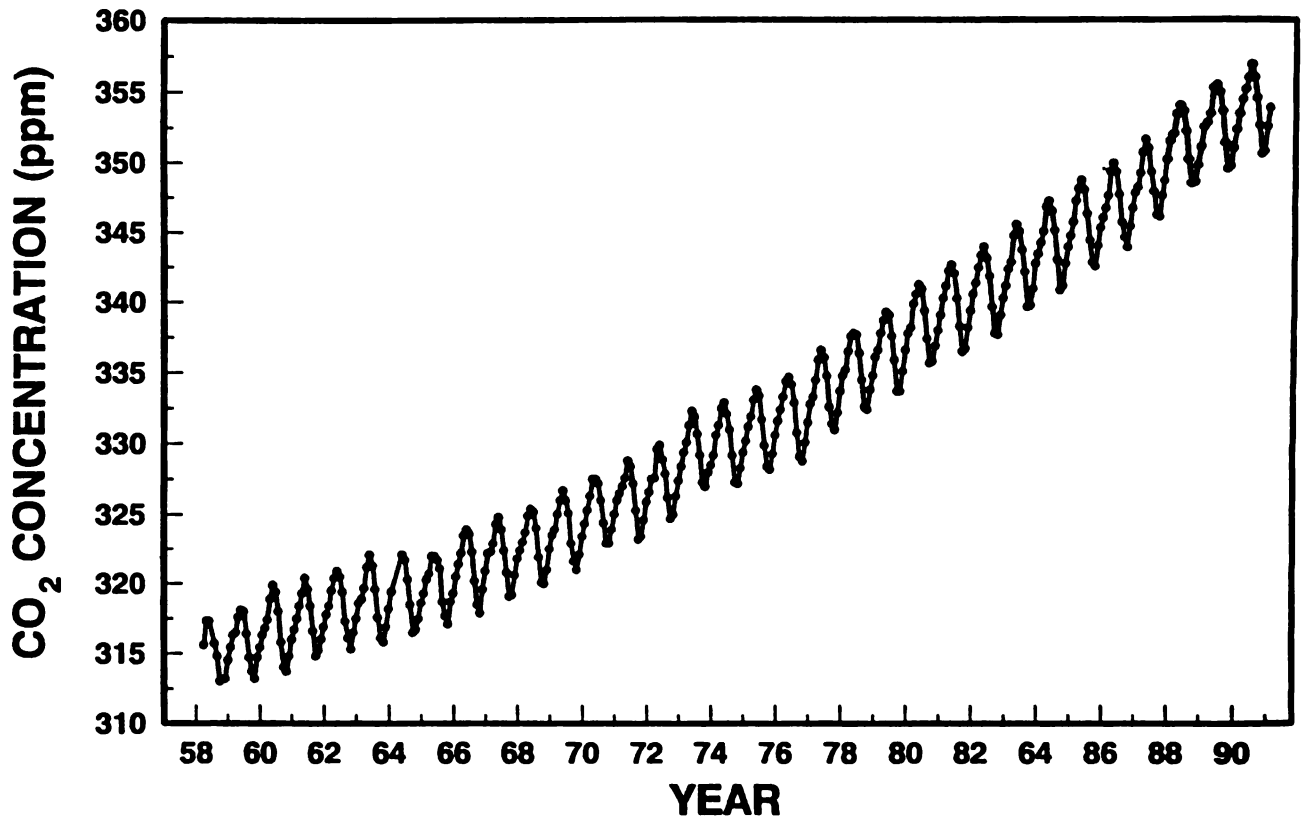


Fig. 1 Original CO₂ concentration data of Keeling *et al.* (1989) including Keeling's latest measurements (Boden *et al.*, 1991) from Mauna Loa Observatory, Hawaii (From: Rogers *et al.*, 1993).

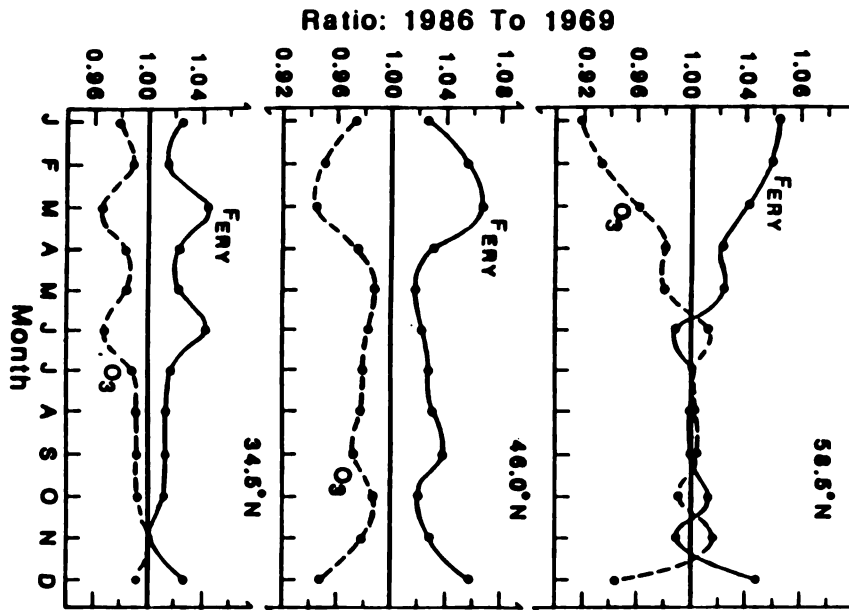
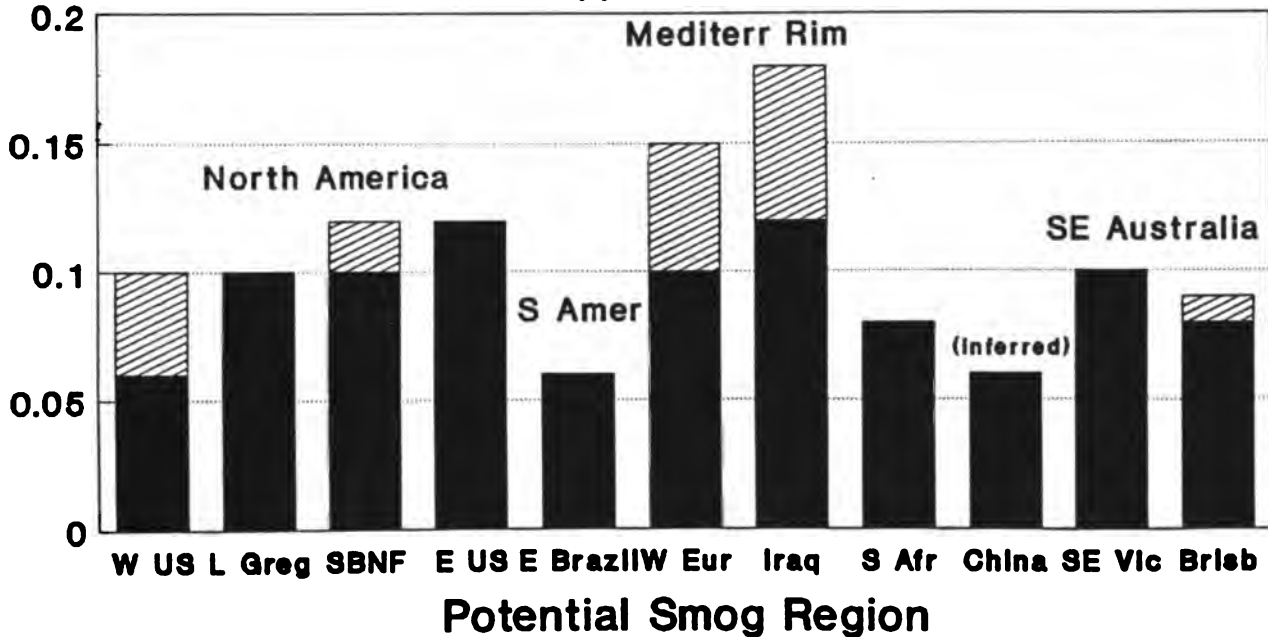


Fig. 2 Changes in atmospheric column O_3 and noontime erythemal (sunburn) irradiance (F_{ERY}) between 1969 and 1986 at three different latitudes (From: Frederick *et al.*, 1989).

Global Tropospheric Surface O_3

Ambient O_3 Concentration ppm



■ Lower Value ▨ Upper Value

Fig. 3 Concentrations of surface O_3 at various locations across the world. Lower and upper values represent the range of average hourly peak O_3 concentrations exceeded more than once during the summer (originally computed by Kickert & Krupa, 1990).

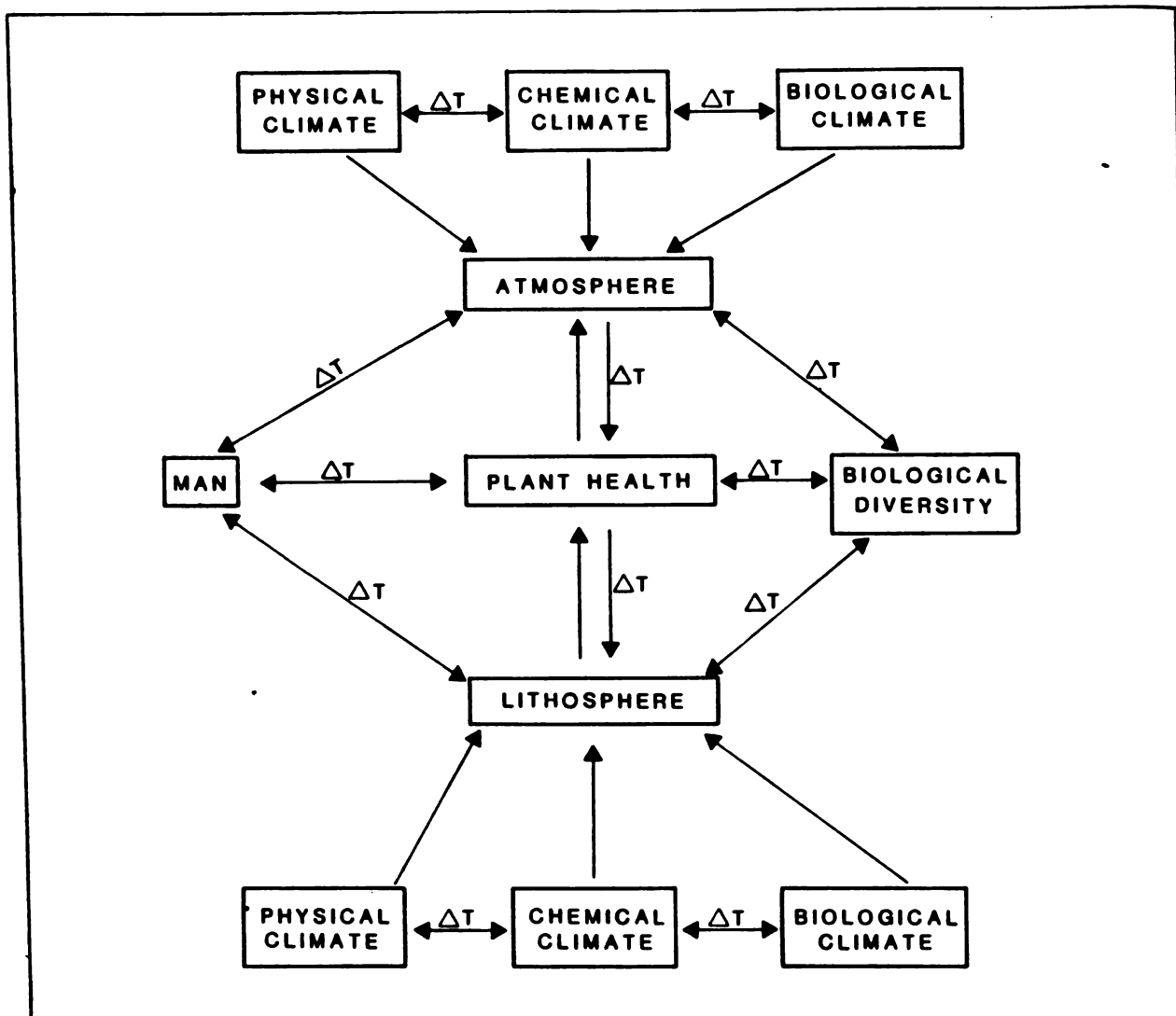


Fig. 4 Schematic diagram representing plant health as a product of its interaction with the total environment. ΔT represents the dynamics in time.

Relative Levels of Stress

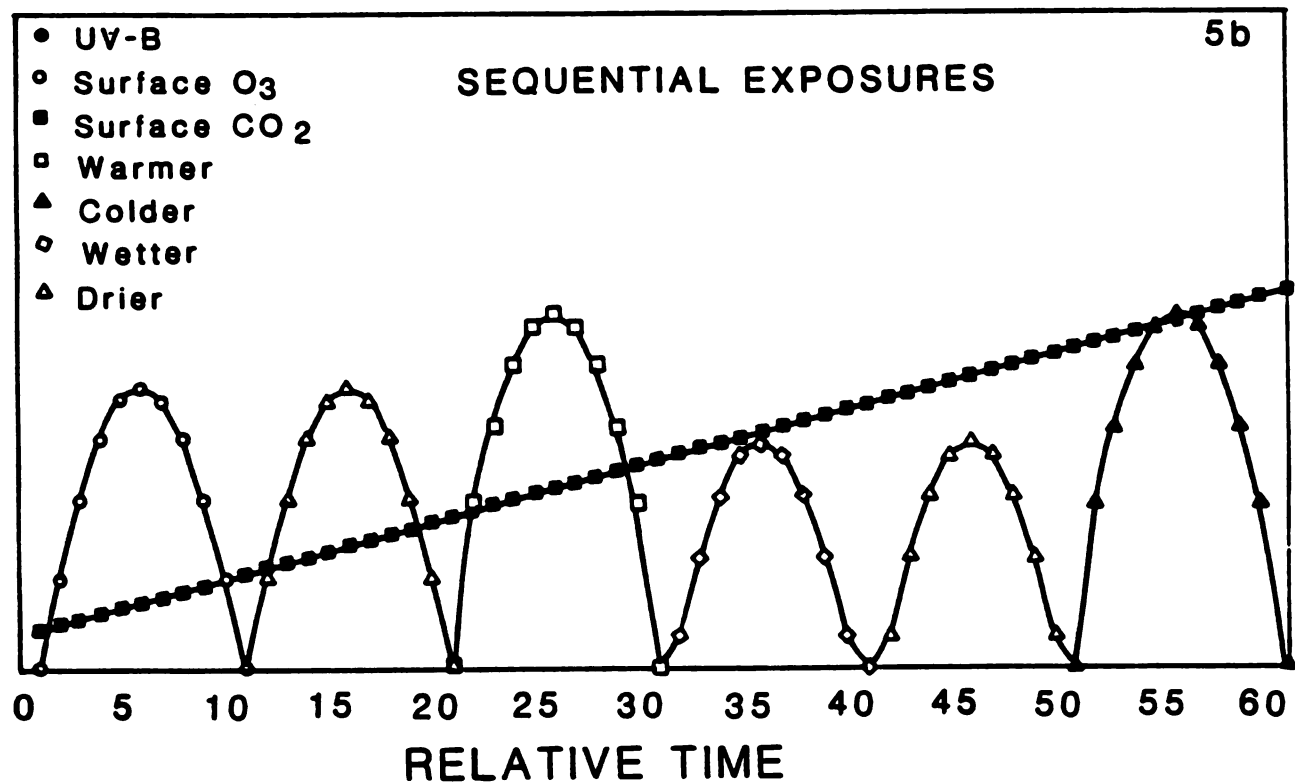
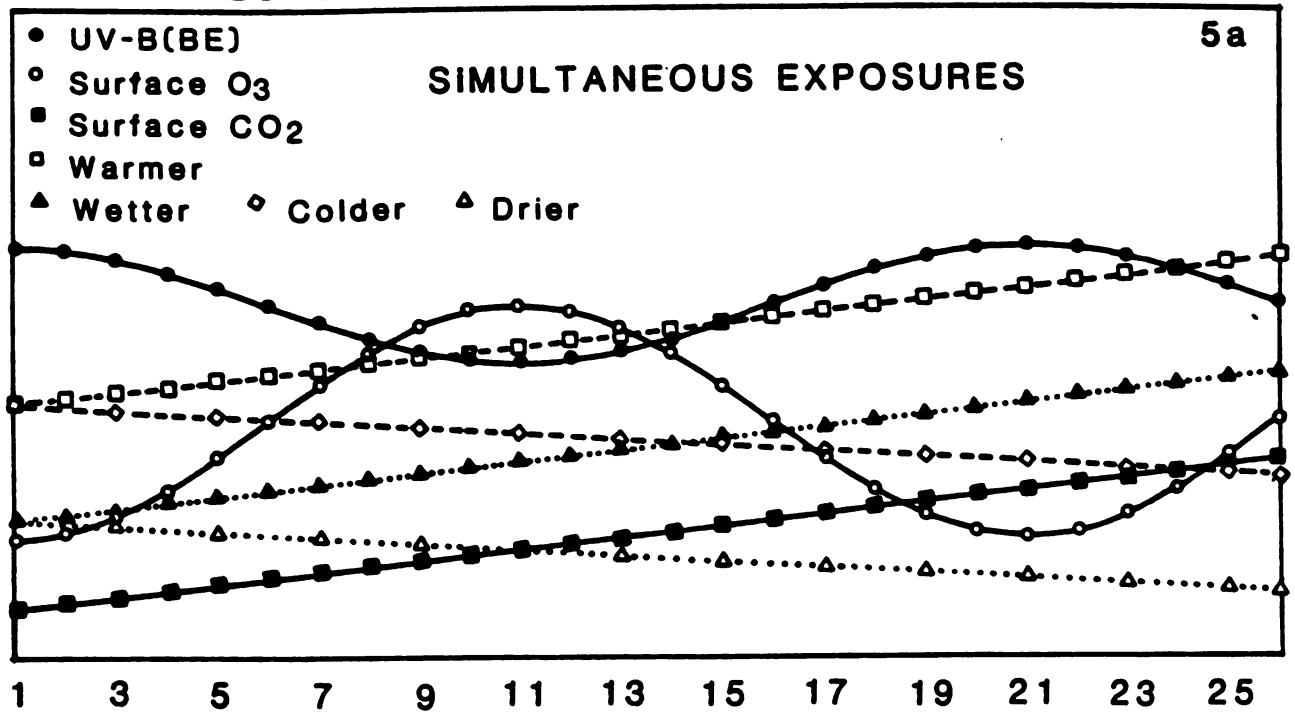


Fig. 5 A hypothetical scenario (a) simultaneous versus (b) sequential exposures to potential changes in multiple climatic variables. (From: Krupa & Kickert, 1992).

MYCOTOXINS AND FOOD SAFETY

Chester J. Mirocha, Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108 USA

ABSTRACT

Natural toxic products (mycotoxins) produced by fungi are among the most active biological agents known to man. They vary from those that produce cancer (aflatoxin) to those that cause hemorrhaging (wortmannin), infertility (zearalenone) and nephropathy (ochratoxin). Information is also presented on a newly discovered *Fusarium* toxin called fumonisin. Fumonisin is of equal importance to aflatoxin because it is suspected of being a carcinogen, causes a neurological disease of horses, pulmonary edema in swine and is found widely occurring in corn.

Fumonisin is used as an example for the description of an analytical method used for the detection of water soluble, polar compounds which are important as mycotoxins and to which little attention had been given in the past.

In the context of sustainable agriculture, the focus is placed upon a reasonable crop yield and if necessary, a reasonable use of agricultural chemicals. The ultimate use is consumption by man and his animals and thus foodstuff must be reasonably free of natural toxic products produced by fungi. The latter are called mycotoxins and if consumed, they can cause diseases we call mycotoxicoses.

I wish to present a brief summary of the more important and established mycotoxins and some more recently discovered and worthy of mention. Aflatoxin leads the list of the classical well established natural toxic products followed by zearalenone and ochratoxin. Among the newly discovered toxins, fumonisin is by far the most important followed by wortmannin. Deoxynivalenol (vomitoxin) and fusarochromanone are also important mycotoxins produced by species of *Fusarium*, but time will not allow their presentation. All of the above except for wortmannin have been found naturally occurring in food or feedstuff.

In this presentation, I would like to accomplish the following: (i) present information on the more important or at least more frequently encountered mycotoxins and (ii) describe state-of-the-art

analytical procedures used in the analyses of water soluble, polar compounds. The latter, for the most part, were ignored in the past and represented the fraction that was discarded after extraction with organic solvents. We now know that many of the toxins are very polar and that conjugates and sulfates of the above toxins exist that are active biologically. Among these are the fumonisins and I will use their detection and analysis as an example.

FUMONISIN: This toxin (figure 1) is among the newly described mycotoxins produced by *Fusarium*. It is perhaps equal in importance to aflatoxin because like aflatoxin it has carcinogenic properties but unlike aflatoxin, it is found in concentrations measured in the parts per million rather than parts per billion range. Its discovery was made while studying the etiology of a disease of horses known as Equine Leukoencephalomalacia. It is produced by *Fusarium moniliforme* when colonizing corn. It is also similar to AAL toxin (figure 1) produced by *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* found on tomato.

Fumonisin B1 has been reported to occur exclusively on corn and corn screenings. However, recently Mirocha *et al.* (1992) reported the isolation of fumonisin B1 and its methyl ester from pasture grass in New Zealand. This finding might be significant in the sense that *F. moniliforme* has a wide host range and the occurrence of FB1 may be just as widespread.

Fumonisin is a water soluble polar compound and in the past, little attention was placed on analytical procedures that favor detection of polar water soluble compounds. Many mycotoxins such as zearalenone, trichothecenes, ochratoxin as well as aflatoxin occur as water soluble glycosides, sulfates or glucuronides. Recent advances in analytical technology have allowed us to detect and quantitate the fumonisins using micro capillary columns interfaced to HPLC and mass spectrometry.

The usual manner of detection of fumonisin is by extraction with acetonitrile:water (1:1) with partial purification on a column followed by resolution of the o-phthalaldehyde derivative by HPLC and

detection by fluorescence. The latter method lends itself to exclusive detection of the derivatives containing a reactive amine but presents difficulties in detection of precursor molecules. We have developed a method using continuous flow fast atom bombardment mass spectrometry (CF/FAB/MS). The unique feature is that the CF/FAB/MS is interfaced to a microcapillary column and HPLC. The microcolumn is made of 3 micron particle size C-18 packed into a microcapillary column with an inside diameter of 100, 200 or 320 microns and 10 to 20 cm length. The solvent system consists of acetonitrile-water-trifluoroacetic acid (1:1:0.1%). A gradient of acetonitrile from 20 to 80% can be used with a flow rate of only 3 microliters per minute. Analysis by CFFAB (xenon gun) is done on a VG-7070 EQ tandem hybrid mass spectrometer using the same solvent system. Although the column diameter is only 320 microns and the sample size of the injection is between 20 to 500 microliters, the resolution and sensitivity is exceptional i.e. we can detect picogram amounts and resolve components with great precision. The mass spectrometer can detect most derivatives by reconstruction of a mass chromatogram based on the molecular weight of the compound sought.

As an example, we can use the mass chromatogram of fumonisin B1 (m/z 722) and its analog (one-armed-FB1) with a molecular ion of m/z 564 shown in figure 2. Note the excellent resolution obtained on the capillary column of these two components. The mass spectrum of FB1 is shown in figure 3-A and that of the one-armed-FB1 in figure 3-B. Note the isotope cluster at m/z 722 and m/z 564 showing the protonated molecular ion.

Some explanation is in order in interpreting resolution of culture extracts by CF/FAB/MS. Although microcapillary columns give excellent resolution of components in a mixture, the total ion current (TIC) chromatogram would give almost a flat line across the whole acquisition period. Part of this is due to the FAB matrix which is supplied continuously throughout the run. This is overcome by constructing a mass chromatogram shown in figure 2 for FB1 (m/z 722) and for the one-armed-FB1 (m/z 564). One should keep in mind that although excellent resolution is obtained for FB1, it lies in a background of other components in the matrix. In order to obtain a reliable mass spectrum, it is necessary to use background subtraction exhaustively to eliminate compromising components. Thus, a good spectrum of FB1 and the one-armed-FB1 was obtained and is shown in figure 3.

The significance of this report lies in the fact that many polar compounds are responsible for many of our mycotoxin problems in both human and veterinary medicine. Methods of analysis need to be developed that can detect polar metabolites such as the glycosides, sulfates and glucuronides of toxins such as zearalenone, trichothecenes etc. as well as toxic nitrogen based compounds that may affect public and animal health.

AFLATOXIN: Aflatoxin has been classified as a class 1 carcinogen by the International Agency Research on Cancer (IARC) located in Lyon, France. This means that enough evidence has been brought forth to strongly suggest that it is carcinogenic to humans. It along with aflatoxin M1 (found in milk) and sterigmatocystin (biosynthetic precursor) are carcinogens although the latter are less active and only implicated as carcinogens to animals.

Corn (maize) remains the most important high risk grain in terms of aflatoxin contamination followed by cottonseed and peanuts (groundnuts). Aflatoxin contaminated grain can be detoxified by using ammonia fumigation. The Food and Drug Administration (FDA) of the U.S. will only allow one attempt at decontamination at the end of which samples are analyzed and decisions made on the concentrations found. As an alternative, the USDA has released for commercial breeding, corn germplasm which has greater than 50% resistance to aflatoxin contamination. This is of interest to proponents of the sustainable agriculture principle.

Aflatoxin M1 (found in milk) is also carcinogenic but less so than aflatoxin B1. According to Dr. Dennis Hsieh (1989), continuous exposure of rats to 100 times the FDA action level (0.5 ppb) for AFM1 for 18 months resulted in no signs of carcinogenicity. In contrast, aflatoxin B1, at the same test level, produced multiple hepatic lesions. This supports the premise that trace quantities of aflatoxin M1 in milk may not be detrimental to public health. Stated in another way, the benefits may far outweigh the risk.

Sampling of grain (corn) for aflatoxin presents problems as contamination is not uniform. The results are affected by the sample size as well as the aflatoxin tolerance selected. As an example, in a sample with an average aflatoxin concentration of 20 ppb, less than 0.1% of the kernels may be contaminated. However, the aflatoxin concentration in the kernels may vary from trace to 1000 ppb.

In a study conducted in Haiti by Castor *et al.* (1987), 69% of 268 samples of corn found in the market, contained aflatoxin B1. Of these, 22% contained greater than 20 ppb whereas 10% contained greater than 100 ppb. A small study was conducted to determine whether any correlation existed between blue-green-yellow (after irradiation with ultraviolet) fluorescence (BGYF) and aflatoxin contamination. The 108 original samples of whole kernel maize (contained an average of 182 ppb total aflatoxin) were inspected as whole unground kernels. Seventy-two samples were found to be negative by the BGYF test. However, the 72 samples that were accepted, contained an average of 51 ppb aflatoxins. The 36 samples that were rejected (BGYF positive) contained an average of 446 ppb. When the 72 BGYF negative samples were coarsely ground and again inspected by the BGYF test, 52 were BGYF negative and contained 1.1 ppb aflatoxins while the other 20 BGYF positive samples contained an average of 145 ppb. Indeed the BGYF test, if conducted properly, is effective in screening for aflatoxin contamination.

The act of establishing tolerances in commodities such as corn and peanuts creates risks for both the consumer and the producer. The producer's risk is that the lot will be falsely rejected because the aflatoxin content measured is higher than the tolerance. The consumer's risk is that a lot will be falsely accepted when indeed it may contain a mean which exceeds the tolerance. An appropriate sample size (e.g. ~1 Kg) will reduce the consumers risk of acceptance of false negative samples; it will also reduce the producers risk of false positive samples. Reduction of the tolerance limit (from 20 ppb to 10 ppb) will reduce the consumers risk of aflatoxin contamination but raise the producers risk of false positive samples (Dickens, 1982).

Processing of aflatoxin contaminated raw milk into cheese can concentrate the aflatoxin concentration from 1.5 ppb to 6.5 ppb (Van Egmond)

ZEARALENONE: This natural product is produced by *Fusarium graminearum* although other *Fusarium* species produce it as well. Zearalenone is primarily found on corn but it is also found in wheat and on forage grass. It causes the estrogenic syndrome in swine as well as infertility and reduced litter size. This mycotoxin is also very important in New Zealand where sheep grazing on grass naturally contaminated with zearalenone develop infertility problems. Sheep and swine are perhaps the most sensitive of the farm animals.

Zearalenone is unusual among mycotoxins because, depending on the animal by which it is consumed or administered, it can cause serious injury as in swine, cause little or no effect (when consumed by laying hens, broilers and turkeys) promote growth (zearalanol when slowly absorbed from ear implants in beef cattle and sheep) or serve as a beneficial drug (alleviate post menopausal discomfort in women).

Both zearalenone and estradiol are estrogens and both cause pituitary adenomas in mice at about the same concentration. Both are estrogens and promote tumor development but themselves are not primary carcinogens. Zearalenone competes for the same estrogen receptor-protein-binding-site as does estradiol; moreover, zearalenone is competitive with estradiol for this binding site and will displace it.

Zearalenone exists in both the cis and trans configuration. The cis form in both zearalenone and zearalanol is about 5 times more active than the trans. The commercial form of this estrogen is sold as alpha-zearalanol and it is more active than trans-zearalenone. However, the cis form of alpha-zearalanol is slightly more active than the commercial product.

The National Cancer Institute conducted carcinogenicity studies by feeding rats and mice a diet containing zearalenone in concentrations of 50 and 100 ppm for 103 weeks. Zearalenone was not carcinogenic to rats of either sex. However, it was carcinogenic in mice as evidenced by the increased proportion of both male and female mice with pituitary and hepatocellular adenomas. The conclusion is that zearalenone can be a carcinogen in mice; however, there is no data to support any human carcinogenic activity. IARC indicated that the evidence linking zearalenone as a carcinogen is limited and therefore inconclusive. It appears that the benefits of zearalenone as an anabolic agent far outweighs any of its detrimental effects. Refer to Kuiper-Goodman *et al.* (1987) for a complete review of risk assessment.

OCHRATOXIN: Ochratoxin is a naturally occurring fungal toxin produced by *Aspergillus ochraceus* as well as *Penicillium viridicatum*. It is a contaminant in corn, peanuts, storage grains, cottonseed, meats, dried fish and nuts. In two-year tests with male rats, there was clear evidence of carcinogenic activity based on the production of uncommon tubular cell adenomas and of tubular cell carcinomas of the kidney. Female rats showed fibroadenomas of the mammary gland. Ochratoxin is

classified as an 2B (IARC) animal carcinogen but but not a human carcinogen (Boorman, 1988).

Ochratoxin has also been implicated in Balkan Endemic Nephropathy but definitive proof of its etiology is lacking. This toxin has also been detected in the circulating blood of humans in Denmark and Germany. The significance of the latter lies in the fact that humans must somehow be exposed to ochratoxin in the environment.

The fact best known about ochratoxin is that it causes porcine nephropathy (atrophy of the kidney); its residue was found in the carcasses of slaughtered swine (Krogh, 1974).

WORTMANNIN: This mycotoxin is produced by *Fusarium sambucinum* and *F. oxysporum* but not by all isolates and from only the colder environments of the world. The original work was done in my laboratory in the University of Minnesota as a result of isolation of fungi I had collected in the Arctic region in Norway. Wortmannin producing isolates have only been found in soils in the arctic as mentioned, Alaska, Siberia and the South island of New Zealand. It is a steroid like compound of biological importance because it causes extreme hemorrhaging in rats. It has also been reported from *Penicillium wortmanni* although we have not been able to find in cultures of this fungus.

In rats fed (50% of their diet) rice cultures colonized by the above species of *Fusarium*, the most consistent lesion of 37 of 55 animals that succumbed to this toxin, was distension of the urinary bladder with dark urine containing hemoglobin. Intragastric gavage of pure or partially purified toxin caused hemorrhage in the gastrointestinal tract, thymus and myocardium. Myocardial hemorrhage was severe and of diagnostic significance; in fact, the heart is the primary target organ. The gross signs or symptoms were food refusal and hemorrhage in the heart, thymus, stomach, intestines and bladder.

We suspect that this toxin may be one of several, along with T-2 toxin, that caused Alimentary Toxic Aleukia in the Soviet Union during World War II when peasants were forced to eat grain that had overwintered in the field. As of this writing, wortmannin has not been implicated in in any disease of man or animals.

LITERATURE CITATIONS

- Boorman, Gary 1988. NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies. NIH Publication No. 88-2813.
- Castor, L.L., C.J. Mirocha and H.L. Chang. 1987. Aflatoxin occurrence in maize samples collected in Haitian markets. *Plant Disease* 71: 969-971.
- Dickens, J.W. 1982. Computed probabilities for accepting lots of peanuts containing concentrations of aflatoxins as a result of setting certain tolerances. Proc. Inter. Symp. on Mycotoxins held in Cairo, Egypt.
- Egmond van, Hans P. 1989. Mycotoxins in Dairy Products. Elsevier Applied Science London & New York
- Hsieh, Dennis. 1989. Cancer risks posed by mycotoxins in foods. In: *Phytochemical Ecology: Allelochemicals, Mycotoxins and Insect pheromones and Allomones*. Eds. C.H. Chou and G.R. Waller. Institute Botany, Academia Sinica Monograph series no. 9. Taipei, ROC
- Krogh, P. 1974. In: *Mycotoxins* (I.F.H. Purchase, ed.) Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- Kuiper-Goodman, T., P.M. Scott and H. Watanabe. 1987. Risk assessment of the mycotoxin zearalenone. *Reg. Toxicol & Pharmacol.* 7: 253-306.

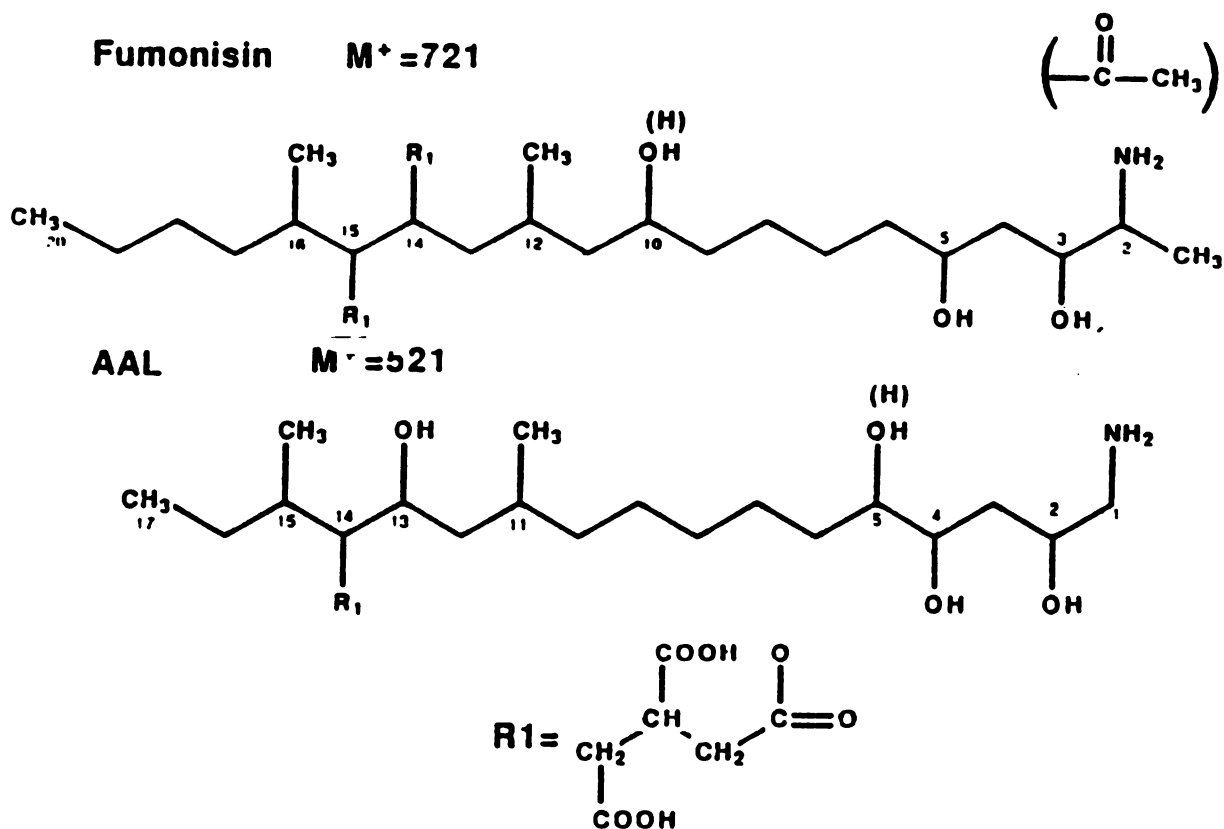


Figure 1. Structures of AAL toxin and fumonisin. Both can occur as the N-acetyl derivative.

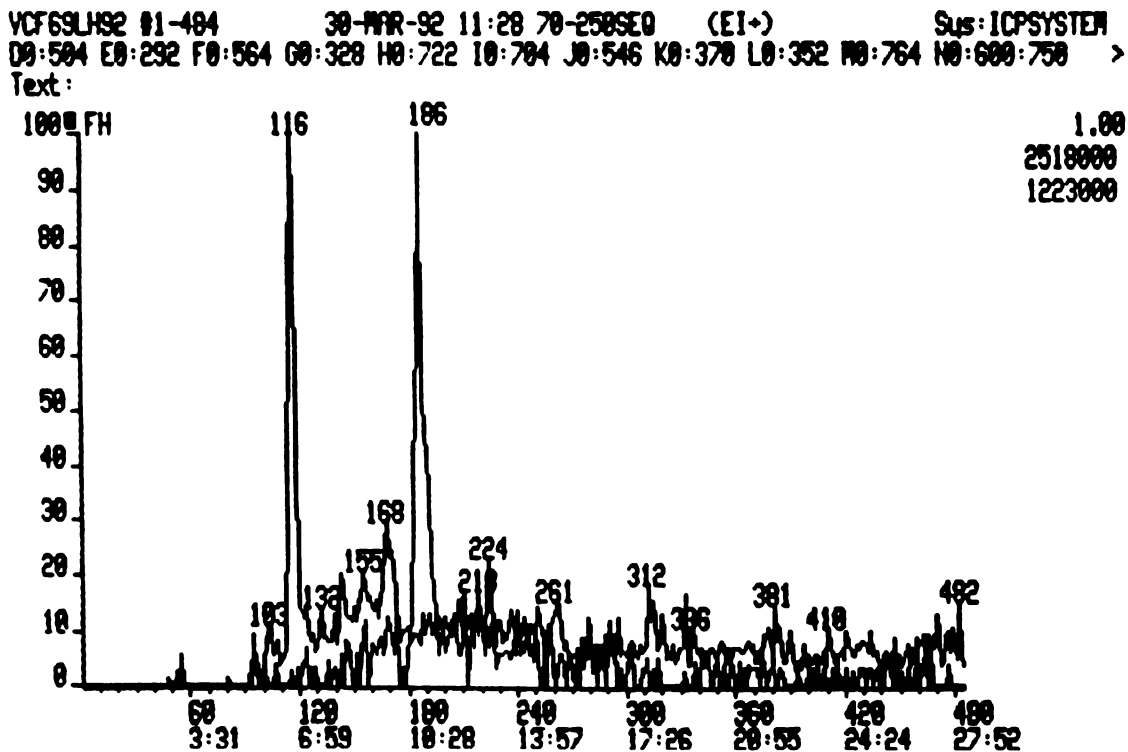


Figure 2. Mass chromatogram of derivatives of fumonisin B1 obtained from a culture of *Alternaria alternata* f.sp. *lycopersici* after resolution on a microcapillary column and detection by continuous flow secondary ion mass spectrometry (CFSIMS) on a VG70-SEQ mass spectrometer. Scan 116 ($M^+ = 564$) is FB1 derivative with only one tricarballic group on either C14 or C15 and scan 186 is fumonisin B1 ($M^+ = 722$). This figure has been chosen to show the excellent resolution we obtain by using a microcapillary column.

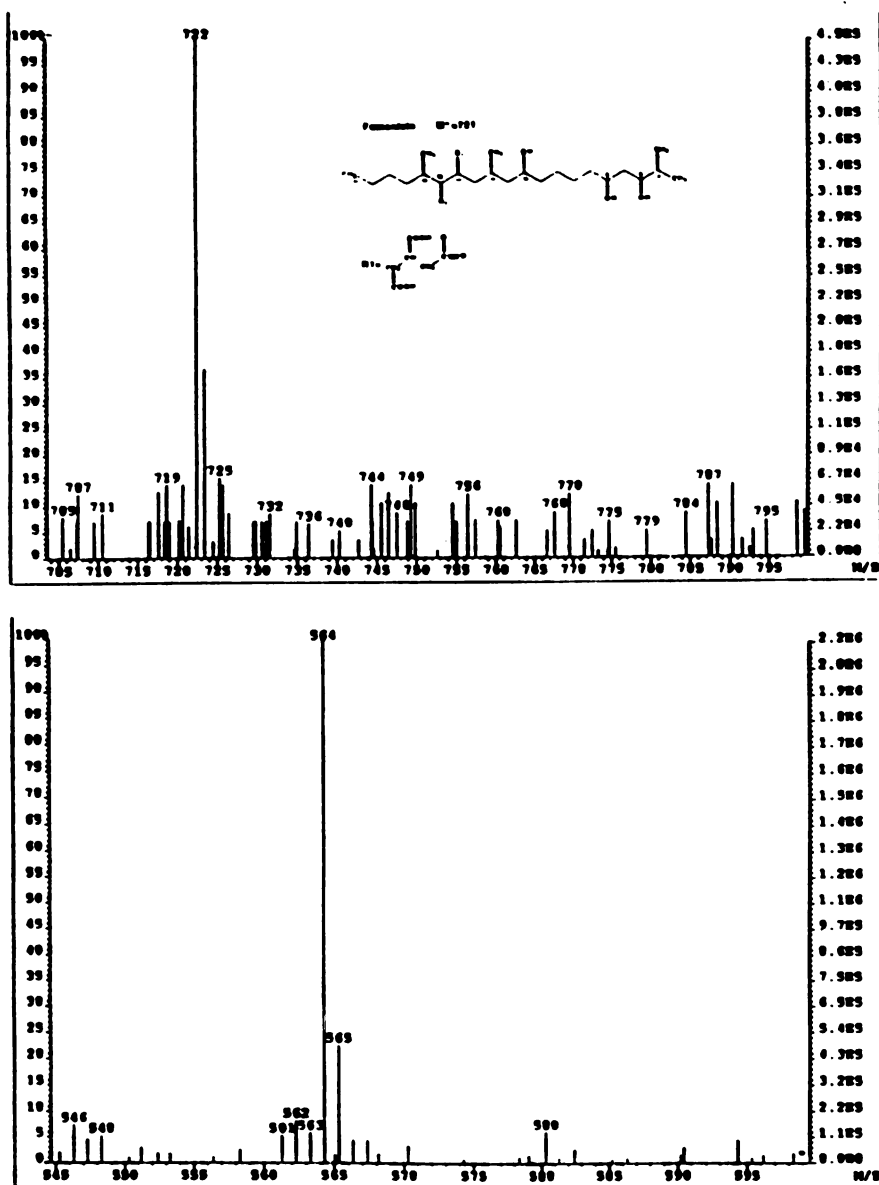


Figure 3. Fast Atom Bombardment mass spectrum of scan 116 ($M^+ = 564$, one-armed FB1) and scan 186 ($M^+ = 722$, FB1) from mass chromatogram shown in figure 2 after background subtraction. Note the ideal isotope cluster of each protonated molecular ion.

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS HIDRAULICOS SOBRE LA AGRICULTURA DE RIEGO

Leonardo Tijerina Chávez*

RESUMEN

Los impactos ambientales de los proyectos hidráulicos, en el pasado, prácticamente no se analizaban y aún en la actualidad no han sido completamente entendidos por el hombre, a tal grado, que algunos ecologistas y ambientalistas argumentan que los proyectos hidráulicos deben aplazarse hasta que los impactos ambientales sean explorados y entendidos, con el propósito de prever cuáles serían las acciones a seguir a futuro, a fin de asegurar el bienestar de los beneficiarios de las obras.

El impacto ambiental sobre el área que domina una obra de almacenamiento de agua para varios usos puede analizarse desde varios puntos de vista: impactos ambientales en el área inundada, impactos ecológicos aguas abajo de la presa de almacenamiento, impactos ambientales sobre el delta, bahía y océano, impactos a lo largo de la red de conducción, impactos sobre áreas agrícolas y rurales e impacto sobre las áreas urbanas.

El presente trabajo únicamente está dedicado a un análisis sobre el impacto en la agricultura y algunos factores importantes a considerar para la sostenibilidad de la agricultura de riego y cuáles serían algunos procesos que contribuyen al deterioro ambiental como consecuencia de esta práctica.

1. GENERALIDADES

Impactos ambientales en el área inundada.

Se producen alteraciones del estado natural del área al cambiar el escurrimiento natural del río a un escurrimiento controlado, convirtiendo parte de este en un lago, modificando el microclima, observándose cambios en la temperatura, humedad, viento y precipitación. Las formas de precipitación y fauna silvestre se alteran a causa de la construcción y operación del proyecto, la vegetación nativa desaparece. Por otra parte, se incrementan las pérdidas por

evaporación a causa del establecimiento de especies acuáticas y su proliferación, se reduce el flujo aguas abajo de la presa y, en consecuencia, se degrada la calidad del agua tanto del embalse como en el río aguas abajo. Se alteran los procesos de erosión y sedimentación y se induce a la formación de un delta dentro de la obra de almacenamiento, trayendo como consecuencia la disminución de la capacidad del embalse; cambiaron la temperatura del agua, lo que origina una alteración de la vida acuática; se promueve el desarrollo urbano, intensificando la polución, y originando impactos ecológicos secundarios.

Impactos ecológicos aguas abajo

En el cauce del río y en la parte inundable (la rivera y partes bajas), se reduce el flujo total, debido a las pérdidas por evaporación e infiltración; se reduce el tamaño de la avenida máxima; se reduce el cauce del río y se incrementa la sedimentación; se reduce la oportunidad de recarga de acuíferos; se reduce la capacidad de dilución y transporte de materiales (disueltos, suspendidos, flotantes, residuos de plantas y animales, etc). Debido a que se modifica el flujo mínimo como consecuencia de la operación de la obra, puede causar una elevación del manto freático. El abastecimiento de agua para uso doméstico, industrial y agrícola aumenta a lo largo del trayecto del río, causando impactos ecológicos secundarios.

Impactos sobre el delta, bahía y océano

Como consecuencia del cambio de los patrones de descarga se perturba el estado natural del área; se disminuye hasta cierto punto el riesgo de inundaciones en las áreas agrícolas y en las zonas urbanas; se reduce la capacidad de dispersión de sales y contaminantes en el delta y en la bahía (esteros), alterando el gradiente de salinidad en los esteros, por lo que la fauna acuática sufre una alteración afectando la pesca y el comercio a lo largo del río y en el océano; se reducen las áreas inundadas disponibles para el descanso y alimentación de aves migratorias y otras especies de animales.

* Programa de Agrometeorología, Colegio de Postgraduados.

Impactos en la red de conducción

A través de los cauces naturales, si se incrementa el flujo como consecuencia de la operación de la obra, se alteran los procesos de erosión y sedimentación; se incrementa la infiltración, pudiendo originar mantos freáticos elevados. En este caso se podría incrementar la dilución de contaminantes y, eventualmente, se propiciaría la navegación, el cambio de temperatura del agua induce a un cambio en la población en número y especies de peces.

La construcción de canales artificiales interfiere con el acceso a los terrenos, contribuyendo a la dispersión de plantas acuáticas y de otras especies, así como a la de animales y de insectos; a lo largo de su recorrido se causa pérdida de la vida acuática en las estructuras hidráulicas de los canales y pueden llegar a bloquear las rutas migratorias de peces.

Impacto sobre las áreas urbanas

Se incrementa la presión por el uso del agua como consecuencia de la competencia de otros usos, principalmente con el industrial, originando problemas económicos políticos y sociales drásticos en el área.

Impactos sobre las áreas agrícolas y rurales

En las áreas donde se desarrollan las áreas de riego se originan cambios visuales en el paisaje, se altera el ambiente para la perseverancia de plantas nativas, y se promueve la introducción de especies no deseables para los cultivos, se altera el ambiente para la fauna silvestre, se presenta un cambio en la población de ciertas especies de insectos, algunos inciden en la transmisión de enfermedades en plantas animales y el hombre. En zonas áridas abiertas al riego, se modifica el clima localmente, tendiendo a un incremento a la humedad y al mantenimiento de temperaturas moderadas y a cambios en el patrón de lluvias, se puede incrementar la recarga de los acuíferos y en zonas con suelos de baja permeabilidad se incrementan los problemas de inundación y salinidad, se incrementa la polución del agua subterránea debido al uso de fertilizantes y agroquímicos.

2. IMPACTOS DE LA IRRIGACION.

El desarrollo de la irrigación tiene innumerables impactos ambientales secundarios.

Impactos en la salud.

Las áreas irrigadas generalmente tienden al establecimiento de monocultivos, induciendo a cambios drásticos en la población de insectos. Para su control pueden requerirse varias aplicaciones de insecticidas y consecuentemente ocasionan impactos ecológicos. Por ejemplo en California U.S.A. el aumento del área irrigada y la frecuencia de riego aunado al mal manejo han originado en muchos lugares hábitats propicios para el incubamiento y proliferación de mosquitos. Este problema llega a incrementarse cuando éstos desarrollan mecanismos de resistencia a los insecticidas.

Por otra parte la propagación de malaria en las áreas de riego en los países del sureste asiático y la dispersión de la esquistosomiasis en áreas irrigadas por la presa Aswan en Egipto, han causado pérdidas mayores que han excedido a los beneficios provenientes de la producción de cultivos (Hamerton, 1972 citado por Hagan, *et al* (1973)

Las aguas de retorno provenientes del riego pueden llevar consigo residuos de fertilizantes y pesticidas, que pueden llegar a contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

Impactos económicos.

El cultivo intensivo de ciertas especies de alto valor comercial en nuevas áreas irrigadas puede tener serios efectos en la economía sobre las áreas agrícolas establecidas, ya que los precios de dichos cultivos tienden a disminuir.

El incremento de los precios del servicio de riego obligará a los agricultores a incrementar la superficie de cultivos de alto valor comercial, obteniéndose de algunos de ellos una sobre producción (Dean y King, 1970. citado por Hagan, *et al* (1973) Por ejemplo, en el oeste de U.S.A. Las nuevas áreas agrícolas irrigadas entran en competencia con los agricultores ya establecidos, que tradicionalmente han sembrado esos mismos cultivos de alto valor, originando sobre producción y una caída de precios, trayendo como consecuencia que los agricultores abandonen la actividad por incosteable.

En general, en U.S.A. la expansión de la agricultura de riego en nuevas zonas ha substituido prácticamente las áreas agrícolas tradicionales.

Impactos sobre la calidad del agua

Para comprender mejor los procesos de deterioro ambiental causados por la irrigación no hay que olvidar que esta actividad modifica localmente el clima, las propiedades físicas y químicas del suelo, resultando en un complejo de procesos que es sumamente difícil analizarlos en conjunto, por lo que se tienen que separar, aunque a sabiendas, estos procesos ocurren simultáneamente.

Primeramente no hay que olvidar que el agua es un excelente solvente de los minerales y otras sustancias que se encuentran en contacto con ella, por lo que en este trabajo se hace un breve recordatorio del ciclo geoquímico y de algunos procesos de intemperismo, para poder comprender la importancia que tienen éstos en el mantenimiento de una concentración idónea en el hábitat radical de los cultivos importantes para el hombre, con vías a la sostenibilidad agrícola.

3. LA TENDENCIA DE SALINIZACION DE LOS SUELOS BAJO RIEGO

El intemperismo de las rocas y minerales, seguido del transporte, y los productos derivados de esos procesos producen varios constituyentes disueltos, ver Figuras 1 y 2.

La resistencia al intemperismo es diferente para cada tipo de rocas y minerales. En el Cuadro 1 se indica la clasificación de rocas y su porcentaje en la corteza terrestre.

CUADRO 1. CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE ROCAS Y SU PORCENTAJE EN LA CORTEZA TERRESTRE.

SEDIMENTARIAS	%	IGNEAS	%
ESQUISTOS	52	GRANITOS	18
ARENISCAS	15		
CALCITA Y DOLOMITA	>7	BASALTO	3

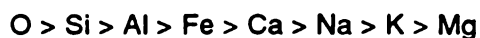
Aunque se han reconocido alrededor de 2500 minerales, la mayoría de los minerales primarios de

la corteza terrestre (16 kilómetros de profundidad), pertenecen al grupo general de los silicatos y aluminosilicatos; ver Cuadro 2.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE LOS MINERALES EN LA CORTEZA TERRESTRE

			%
SILICATOS	FELDESPATOS	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	32
	CUARZO	SiO_2	26
ALUMINO SILICATOS	MINERALES DE LAS ARCILLAS	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	18
CALCITA	CaCO_3		10
DOLOMITA	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		
OXIDO DE FIERRO	Fe_2O_3		4

En el Cuadro 2 se observa que los elementos predominantes que constituyen los minerales son:



Estos elementos son los que dominan la litosfera.

No todas las rocas o minerales tienen la misma resistencia para descomponerse. Las rocas sedimentarias presentan una resistencia gradual para su disolución, estas son:

RESISTENTES > HIDROLISADAS > PRECIPITADAS > EVAPORITAS.

Siendo estas últimas más fáciles de disolver, ver el Cuadro 3.

CUADRO 3. ROCAS SEGUN SU GRADO DE DISOLUCION

RESISTENTES	HIDROLISADAS	PRECIPITADAS	EVAPORITAS
SiO_2	Al^{+3}	CaCO_3	NaCl
$\text{Si}(\text{OH})_4$	$\text{Al}(\text{OH})^{+2}$	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Na_2SO_4
	ALUMINO-SILICATOS		$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	FELDESPATOS		

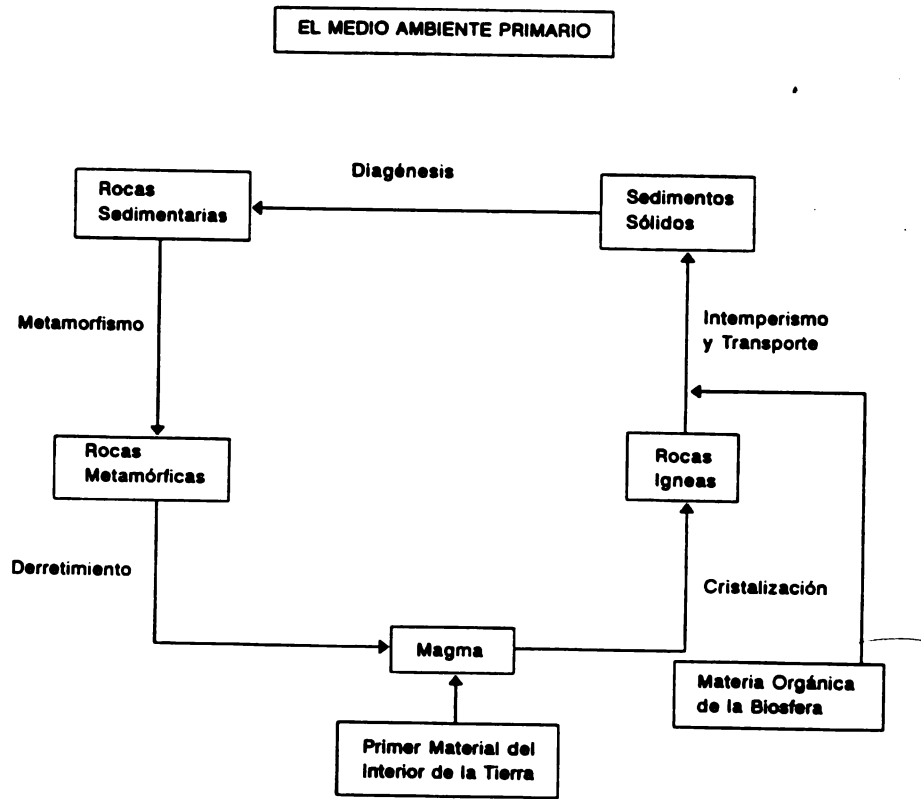


Figura 1. Ciclo Geoquímico

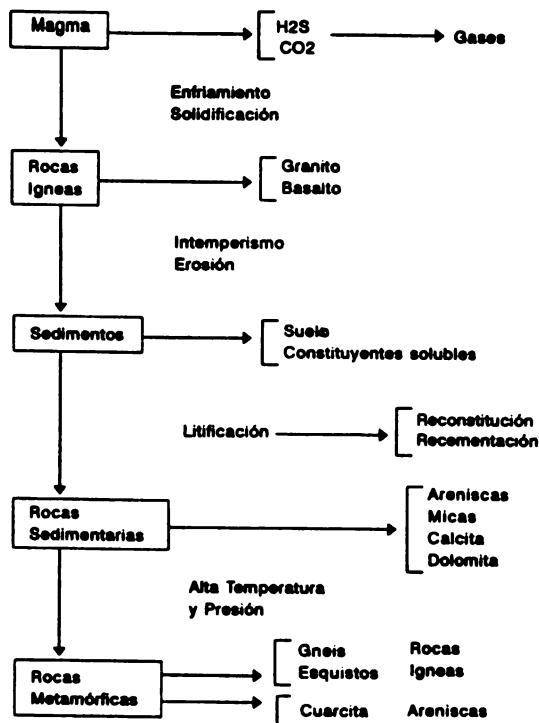


Figura 2. Fuentes primarias de sales y sedimentos

POR ESTA RAZON EL ORDEN DE CONCETRACION DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUIMICOS EN EL AGUA DE MAR ES:

ELEMENTO	ABUNDANCIA EN (PPM)
Cl	19353
Na	10760
Mg	1294
S	812
Ca	413
K	387
Br	67
C	28
Sr	8
B	4
Si	3

Se puede observar en los Cuadros 4 y 5 que el Si es el más abundante en las rocas que son resistentes, y la concentración es baja en el agua de mar, mientras que el sodio es lo contrario.

CUADRO 4. COMPARACION DE LA COMPOSICION DE LAS ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS CON RESPECTO A CIERTOS ELEMENTOS EN LAS AGUAS NATURALES EN FPM. (Biggar, 1982)

ELEMENTO	IGNEAS		SEDIMENTARIAS	
	RESISTENTES	HIDROLISADAS	PRECIPITACION	
Si	277200	367500	272800	24200
AL	81300	25300	81900	4300
Fe	50000	9900	47300	4000
Ca	36300	39500	22300	304500
Na	28301	3300	9700	370
K	25900	11000	27000	2700
Mg	20900	7100	14800	47700

CUADRO 5. COMPARACION DE LA COMPOSICION PROMEDIO DEL AGUA DE RIOS SUBTERRANEOS GEOTERMICA, Y DE LLUVIA EN (mg/l). (Biggar, 1982).

COMPONENTE	RIO	AGUA SUBTERRANEA		GEOTERMICA	LLUVIA	
		CALCITA	ESQUISTO - RIOLITA			
Na	6.3	8.1	362.0	62.0	352.0	9.4
k	2.3	5.7	14.0	2.0	24.0	0.0
Mg	4.1	28.0	143.0	1.0	0.0	1.2
Ca	15.0	79.0	416.0	8.0	0.8	0.8
HCO ₃	58.4	267.0	104.0	131.0	---	4.0
SO ₄	11.2	51.0	2107.0	22.0	23.0	7.6
Cl	7.8	29.0	38.0	16.0	405.0	17.0
NO ₃	1.0	28.0	0.2	6.7	1.8	0.0
SiO ₂	13.6	8.4	26.0	52.0	363.0	0.3
OTROS	0.67	0.07	64.8	0.92	42.06	0.02
TOTAL	120.0	504.0	3300.0	302.0	1310.0	38.0
pH	--	7.3	6.3	7.9	9.6	5.5
Temp °C	--	--	6.1	15.6	94.0	--

Los iones dominantes en las aguas naturales son: Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻ Y HCO₃⁻.

4. AGENTES DEL INTEMPERISMO

El agua es un agente excelente para promover el intemperismo. Es un participante activo así como mantiene otros agentes en soluciones que entran en contacto íntimo con las superficies de las rocas. El agua participa en el intemperismo tanto mecánica como químicamente.

Los procesos de intemperismo son: hidrólisis, hidratación, oxidación y solución.

En estos procesos el oxígeno y el bióxido de carbono juegan un papel significativo en las reacciones de disolución de las rocas y minerales, aunque otra fuente de ácidos, incluyendo los orgánicos, pueden operar, asimismo los agentes biológicos (microorganismos y plantas).

Procesos mecánicos del intemperismo ayudan a la desintegración

- 1.- Temperatura.- Expansión diferencial de los minerales, congelamiento y acción del hielo.
- 2.- Erosión y deposición por el agua, hielo o viento.
- 3.- Influencia de las plantas y animales.

Transporte de sales y sedimentos

Investigando las fuentes primarias de los constituyentes del agua así como los procesos que contribuyen en la cantidad de sales y sedimentos que lleva un río. Debe notarse que el agua subterránea contiene mayor cantidad de constituyentes disueltos que el agua superficial. El mayor tiempo en contacto con los materiales resulta en una mayor concentración. La concentración del agua de los ríos puede ser grandemente alterada por las actividades que ocurren a lo largo de su curso. El agua en los acuíferos puede reflejar procesos geológicos que han ocurrido durante el proceso de formación de la tierra.

Es importante investigar sobre la emisión de sales y sedimentos que tienen las corrientes en diferentes partes de su curso, así como del análisis de sus componentes, aunque hasta el momento se ha considerado los componentes disueltos, es importante cuantificar la presencia de sólidos suspendidos como sedimento, los cuales representan parámetros importantes en la calidad del agua. Ver cuadro 6.

CUADRO 6. ESTIMACIONES GLOBALES PROMEDIO DE LAS SALES DISUELTAS Y SEDIMENTOS PRESENTADOS COMO EMISION DE MASAS ANUALMENTE. (Biggar, 1982).

CARGA DISUELTA EN LOS RIOS	TON/AÑO X 10 ⁹
DE EVAPORITAS	0.55
DE CARBONATOS	1.33
DE SILICATOS	0.62
	2.50
CARGA DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN RIOS	
DE ARENAS Y ROCA SED.	4.8
ROCAS CRISTALINAS	1.7
	6.5

La carga total de materiales disueltos y sólidos suspendidos es de 9×10^9 ton/año, además de la contribución de 0.6 - 1.6 ton/año removida por la acción del viento. De aquí, se desprende que la erosión y transporte de material suspendido constituye una carga significativa en el transporte por el agua. Obviamente el clima tiene una gran influencia en la carga total, siendo la cantidad de lluvia que cae en una determinada cuenca, pero además en el transporte de la carga de sustancias disueltas y sedimentos influye la vegetación y la pendiente.

5. INFORMACION REQUERIDA PARA DAR SEGUIMIENTO A LA CALIDAD DEL AGUA.

La interpretación de los datos de calidad del agua es una parte esencial para contestarse las siguientes preguntas: ¿cuál es la calidad del agua en una localidad específica o área? ¿Cuál es la tendencia? ¿Cómo están relacionados los parámetros? ¿La frecuencia de muestreo es adecuada? ¿El sistema puede modelarse para ver su comportamiento a futuro?. A través de índices estadísticos y otros procedimientos se pueden examinar y organizar los datos para su interpretación. (Valores medios, medias ponderadas por el tiempo o por el volumen, desviación estándar, la frecuencia acumulada, la regresión, etc.).

En lo que concierne a la calidad del agua efluente de la agricultura, los factores más importantes a los que hay que darles seguimiento porque contribuyen en la calidad del agua superficial y subterránea son:

1. Concentración de sales y iones.
2. Residuos de fertilizantes y otros agroquímicos
3. Residuos de insecticidas y herbicidas
4. Limo y partículas de suelo
5. Residuos de cultivos
6. Incremento de la concentración de sólidos disueltos y suspendidos como resultado de la evaporación.

En el agua para uso agrícola, el olor, la turbidez, el color, la dureza, la transparencia, coliformes, aceite y grasa, hasta hace poco tiempo no se les había dado importancia; sin embargo en la actualidad algunos de estos factores son limitantes para su uso; como es el caso del

contenido de coliformes y metales pesados principalmente.

Ver las guías para la interpretación de la calidad del agua para riego, ver Cuadro 7.

Balance de sales

El concepto de balance de sales es la aplicación del balance de masas al problema específico del contenido de sales en los sistemas agua-suelo. El balance de sales puede aplicarse a sistemas de diferentes tamaños en términos de magnitud del área o volumen considerado. El balance de sales es usado para evaluar el flujo de sales en la zona radical de los cultivos, que en términos generales son pequeños en área y volumen. Se utiliza también para evaluar el flujo de sales en grandes sistemas, comprendiendo cuencas y unidades hidrológicas. Los dos sistemas pueden considerarse por separado, debido a que los procesos que ocurren tienen diferentes implicaciones en la subestructura de las unidades.

Balance de sales en la zona radical

El concepto de llegar a un balance de sales en la zona radical, considera las cantidades de sales que son adicionadas al sistema a partir de varias fuentes, menos las cantidades de sales que son removidas.

$$Q_{gw} \cdot C_{gw} + Q_w \cdot C_w + S_i + S_m + Q_{rw} \cdot C_{rw} - W_{ow} \cdot C_{ow} - S_p - S_c = \pm \Delta S_{zw}$$

Donde:

Q_{gw}, Q_w = Volúmenes del agua del subsuelo y agua de riego

C_{gw}, C_w = Concentraciones de los correspondientes volúmenes

S_i = Sales derivadas de los agroquímicos (fertilizantes, estiércol)

S_m = Sales derivadas de la disolución de los minerales del suelo

Q_{rw}, Q_{ow} = Volúmenes de agua de lluvia y drenaje

S_p = Sales que se precipitan

S_c = Sales removidas por el cultivo

ΔS_{zw} = Cambio del contenido total de sales en la zona radical

6. CONCLUSIONES

1. Instalación de estaciones de monitoreo para evaluar la calidad del agua en los ríos de México.
2. Hacer el balance de sales en la zona radical y establecer normas para mantener la salinidad del suelo en un determinado nivel permisible.
3. Reforzar el equipamiento de los laboratorios para el análisis de aguas.
4. Hacer estudios de balance de sales a nivel de distritos riego, cuencas hidrológicas y unidades hidrológicas.
5. Evaluar la calidad del agua con base al contenido de metales pesados en solución.
6. Plantear modelos de predicción para estudiar la capacidad buffer de los suelos.
7. Que las instancias gubernamentales correspondientes establezcan acciones y den seguimiento a las normas establecidas para asegurar la sostenibilidad de la agricultura en las áreas de riego.

7. LITERATURA CITADA

BIGGAR, J.W. 1982. Water Science Syllabus. Land Air and Water Resources Department. Universidad de California, Davis.

HAGAN, R.M. y ROBERTS, E.R. 1973. Environmental Impacts of Water Projects. VI Technical Conference on Irrigation, Drainage and Flood Control. Sacramento, Calif. USA.

CUADRO 7. GUIAS PARA LA INTERPRETACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

PROBLEMA	GRADO DEL PROBLEMA		
	No hay	Aumenta	Severo
SALINIDAD (afecta la disponibilidad del agua para el cultivo) CEw (mmhos/cm)	< 0.75	0.75 - 3.0	> 3
PERMEABILIDAD (afecta la velocidad de infiltración del suelo). CEw (mmhos/cm)	> 0.5	0.5 - 0.2	< 0.2
SAR _a 1', 2'			
Montmorilonita (látice crist. 2:1)	< 6	6 - 9 ^{3'}	> 9
Ilita, Vermiculita (lát. crist 2:1)	< 8	8 - 16 ^{3'}	> 16
Kaolinita, Sesquióxicos (l. c. 1:1)	< 16	16 - 24 ^{3'}	> 24
IONES TOXICOS ESPECIFICOS (afectan a los cultivos sensibles)			
Sodio 4':5' (SAR _a)	< 3	3 - 9	> 9
Cloro 4':5' (meq/l)	< 4	4 - 10	> 10
Boro (mg/l)	< 0.75	0.75 - 2.0	> 2.0
EFFECTOS MISCELANEOS (afecta cultivos suceptibles)			
NO ₃ -N o NH ₄ -N (mg/l)	< 5	5 - 30	> 30
HCO ₃ (meq/l) (riego por aspersión)	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH		[rango normal 6.5 - 8.4]	

1' SAR_a significa Relación de Absorción de Sodio.

2' Los valores presentados son para el tipo dominante de mineral arcilloso en el suelo ya que su estabilidad estructural varía entre los diferentes tipos de arcilla. Probablemente los problemas son menores si la salinidad del agua es alta, y mayores se presentan cuando la salinidad del agua es menor

3' Use el rango menor si la CEw es < 0.4 mmhos/cm
Use el rango intermedio si la CEw es = 0.4 - 1.6 mmhos/cm
Use el límite superior si la CEw es > 1.6 mmhos/cm

4' La mayoría de los árboles frutales y plantas ornamentales leñosas son sensibles al sodio y al cloro (use los valores presentados). La mayoría de los cultivos anuales no son sensibles (consulte las tablas de tolerancia a la salinidad para los cultivos correspondientes).

5' Con riego por aspersión o cultivos sensibles, el sodio o el cloro en exceso de 3 meq/l bajo ciertas condiciones ha resultado en un exceso de absorción foliar y el cultivo se daña.

ENTARQUINAMIENTO: ¿PRACTICA ECOLOGICA O MAL MANEJO DEL AGUA?

Gustavo López Castro¹, J. Luis Seefoó Luján²

RESUMEN

Desde hace seis décadas en el valle de Zamora se ha estado usando una práctica agrícola que consiste en inundar las parcelas durante uno o dos meses, con el fin de controlar malezas y plagas del suelo. Una nueva tecnología de solarización y aplicación de bromuro de metilo (CH₃Br) se propone como sustituto de la primera. En el artículo se discuten las bondades y los problemas de ambas posturas.

Palabras clave: entarquinamiento, fresa, Michoacán, práctica cultural.

SUMMARY

The entarquinamiento is a controled submersion of agricultural fields at the Zamora valley in northwestern Michoacán. The agronomic function of this cultural practice is the control of weeds and soil nematodes. Now, a new technology, based on methyl bromide (CH₃Br) and plastic solarization, is proposed to replace this oid and ecologycal sound cultural practice.

Key Words: entarquinamiento, strawberry, Michoacán, cultural practice.

INTRODUCCION

Este trabajo se inscribe en los objetivos de la reunión: establecer un foro de discusión y de alternativas para el uso adecuado de los recursos naturales, y promover la participación de especialistas relacionados con el uso sostenible de los recursos naturales, particularmente agrícolas.

Ubicados en un campo cada vez merios extraño a la agronomía, las ciencias sociales, proponemos la (re)valoración multidisciplinaria de una vieja práctica agrícola del valle de Zamora, el "entarquinamiento" o "caja de agua". Esto lo hacemos en una coyuntura caracterizada por la liberación de la plantación-exportación hortícola, restricciones a los cultivos de hortalizas por la contaminación del agua y la implantación de novedosa tecnología accesible a capitales grandes y medianos. El objetivo de la presente comunicación es revisar: ¿hasta qué punto el entarquinamiento es una práctica ecológica o un mal manejo del agua?

Expertos en riego (Alvarado, 1992) piensan que los antecedentes del entarquinamiento se remontan a las culturas hidráulicas egipcia y babilonia que supieron aprovechar el limo acarreado por las inundaciones. Gracias a esos sedimentos floreció la agricultura en la "Media Luna" y en el Nilo. Quizá el procedimiento fue incorporado a la ingeniería agrícola árabe cuya herencia tecnológica es invaluable en la cultura española. El mismo vocablo "entarquinar", de origen árabe refiere el acarreo pluvial de limo. El maestro Herón Pérez, hurgando en el Diccionario Crítico de las Étimologías de la Lengua Castellana de Joan Corominas, encontró los vocablos "tarquín" (del árabe hispano) que significa "cieno de las aguas estancadas" y "racam" (del árabe clásico) que habla de "amontonar lodo, cieno sacado de algún estanque". Además, hay tres palabras relacionadas al proceso de amontonar o desamontonar el cieno: entarquinar, atarquinar y desentarquinar. Como sabemos, en otros países se "lavan" los suelos de sales inundando los campos de cultivo por periodos cortos (como en California y Arizona y ciertas zonas bananeras de Centroamérica); en algunas regiones de Italia aprovechan lapsos mayores para alternar agricultura con la

¹. Profesor-investigador. Coordinador del Centro de Estudios Rurales de El Colegio de Michoacán. Av. Martínez de Navarrete 505, Fraccionamiento Las Fuentes. C.P. 59690. Apartado Postal 207, Zamora, Michoacán. Teléfono (91-351) 2-25-57 Fax (91-351) 5-53-07. Correo electrónico BitNet: colmich@igc.org

². Profesor-investigador del Centro de Estudios Rurales de El Colegio de Michoacán, A.C.

pesca. Los arrozales chinos combinan el agro con acuacultura.

La caja de agua o entarquinamiento es una especie de alberca de profundidad no menor a los 40 cm., preferentemente de agua turbia (lodosa, no clara). Mientras más profunda y turbia es mejor. Analizar esto es pertinente por varias razones:

i. La cuenca Duero-Lerma es una de las contribuyentes del lago de Chapala, principal fuente de abasto de agua de la ciudad de Guadalajara.

ii. El ciclo irregular de las lluvias ⁽³⁾ amerita previsiones futuras, pues si bien en el presente hace aportaciones copiosas, en otros ciclos las menores precipitaciones del verano, aunadas al excesivo gasto de agua agrourbano a lo largo de la cuenca del Lerma, hacen peligrar la sustentabilidad de la agricultura regional.

iii. El entarquinamiento favorece más la evaporación y filtración del agua con mermas probables en su aportación a la cuenca.

Es importante señalar que en el ciclo agrícola primavera-verano de 1992, se hicieron inversiones muy altas para implantar un nuevo paquete tecnológico en el cultivo de la fresa, principalmente. Para controlar malezas y organismos plaga del suelo, como la gallina ciega (*phyllophaga sp*), que se habían venido controlando con la práctica del entarquinamiento, ahora se propone la solarización, el acolchado con plásticos y la desinfección del suelo con bromuro de metilo y 1,3-dicloropropano. En parte, las justificaciones para el uso de esta tecnología en sustitución del entarquinamiento es el mal uso o el desperdicio de agua que se arguye es propio de las cajas de agua. Esta súbita "conciencia ecológica" de quienes proclaman las bondades de la nueva tecnología en cuanto ahorro de agua, no se sostiene cuando se observan toneladas de plástico del acolchado simplemente amontonado a orillas de las parcelas, o cuando se sabe que existe una campaña mundial para prohibir el uso del bromuro de metilo por su acción altamente destructora de la capa de ozono atmosférico y por su aguda toxicidad. consideramos que la práctica del entarquinamiento debe ser analizada y valorada en términos de su impacto ambiental total, no sólo en cuanto al uso del agua.

³ López Castro (1992) advierte el descenso relativo de la precipitación veraniega en el Valle de Zamora, comportamiento pluvial similar al observado en otras latitudes. La precipitación invernal observa un relativo aumento

Nuestro punto de vista se apoya en la observación directa en el campo y en la entrevista con informantes clave. No contamos con el personal adecuado (edafólogos, parasitólogos, ingenieros en hidráulica, etc.) ni el equipo de laboratorio para hacer estudios experimentales y/o una observación más profunda.

El lugar de estudio

El valle de Zamora se identifica con el Distrito de Riego 061, que, ubicado en el noroeste de Michoacán, irriga entre 18-22 mil hectáreas en los municipios de Zamora, Tangancícuaro, Jacona, Chavinda, Ixtlán y Pajacuarán. Los cultivos hortícolas representativos son fresa, papa y jitomate con 2,3 y 0.7 mil hectáreas anuales, respectivamente. La Cuenca endorreica Duero-Lerma es de pequeña extensión pero de vital importancia para el agro. Las principales fuentes de abastecimiento son los ríos Tlazazalca, Duero, Carapan, Celio; las presas Urepetiro, Verduzco (La Luz), La Esperanza; y 45 manantiales, entre ellos, Camécuaro, Estancia Igarateña, Orandino, La Estancia, El Bosque y El Disparate. En el Distrito de Riego 061 el mayor cuerpo de agua es la presa Urepetiro cuyo vaso receptor, aunque tiene una capacidad de 14 millones de m³, sólo almacena unos 11 millones de m³, pues el azolve y el liño disminuyen su capacidad. La Presa Urepetiro no se construyó para el riego propiamente, es parte de la infraestructura que controla las avenidas de agua que inundaban a Zamora, hace años. Además se trazó una red de canales y drenes que vacían la cuenca hacia la Ciénega de Chapala. La red de distribución tiene una extensión de 307.9 Km. Del total, 83.8 Km. son canales principales (18.1 km. revestidos y 65.7 km no revestidos) y 224 Km. secundarios. (24 km. revestidos). Por las características del suelo y subsuelo, el drenaje es de capital importancia: limita las inundaciones, drena las parcelas que se (des) entarquinan y con ello permite establecer hasta tres (o más) cultivos de ciclo corto en el año. La malla de drenes tiene una longitud de 200.3 Km. De ellos 43.8 Km. forman la red principal. Su aforo, de 70 m³/seg, da una idea del volumen hídrico que fluye. La red secundaria mide 156.5 km.

LAS CAJAS DE AGUA

Si el suelo del valle es una de sus riquezas más preciadas, el agua es el recurso natural que mejor define la calidad agrícola de Zamora. El húmedo nombre purépecha del valle, Tziróndaro, evoca

agua, pues significa lugar de ciénegas; de manera semejante el nombre prehispánico del río Duero, Yorecuahapundanapu, habla del líquido vital: río engendrador de lagunas.

La capacidad de la cuenca es de unos 400 millones de m³, de los cuales 200 millones se usan en el riego; la otra mitad fluye hacia Chapala contribuyendo a la irrigación de la unidad Sahuayo. Posteriormente correrán por los drenajes de la Perla Tapatía, después de satisfacer parte de las necesidades crecientes de esa gran ciudad. Del agua destinada al riego en el distrito 061 de Zamora (unos 200 millones de m³), cerca del 38 % es insumida por la fresa. Normalmente en este cultivo se hacen 40 riegos con láminas de 10 cm. Esto sin considerar el gasto hídrico de la caja de agua: unos 4,000 m³ suponiendo cero evaporación.

Las cajas de agua son cuerpos de agua almacenada temporalmente (uno o dos meses) en una parcela aprovechando la cualidad arcillosa de los suelos y los bordos construidos para tal propósito. Con la maleza (zacate y pequeños arbustos) y tierra arcillosa se construyen retenes de altura variable (80-120 cm) y se inunda con agua procedente de dos fuentes: de los canales de riego mediante bombeo y de la precipitación pluvial.

Hasta la década de los treinta, el noroeste de Michoacán fue una zona de ciénegas y pantanos; tres de las más importantes fueron las ciénegas de Zacapu, de Chapala y de Zamora (González, 1984). Este "entarquinamiento" fortuito se debía más bien a la naturaleza de los suelos, a las escasas pendientes y a la falta de represas y contenedores de las avenidas de los ríos regionales, que a una práctica agrícola organizada. No es sino hasta que se desecaron las ciénegas, con las obras hidráulicas del porfiriato y sobre todo del cardenismo, que el entarquinamiento se convierte en un trabajo planeado. En el valle de Zamora hay referencias desde fines de la década de los treinta. Desde entonces, y ya como práctica cultural, en promedio se han venido entarquinando aproximadamente 2,000 hectáreas. En 1991 se inundaron 2,600 hectáreas y en 1992, 2,018 (hasta el 17 de septiembre de ese año).

Sin embargo, no se puede entarquinar cualquier sitio, sino sólo terrenos planos y arcillosos, característica, ésta última, que los hace impermeables. El valle tiene cierta uniformidad de suelos caracterizados por su alto contenido de partículas de arcilla; son de color oscuro con tonalidades variadas que

pinta el acarreo pluvial y eólico de materiales desde las montañas próximas, y que localmente es llamada tierra negra.

CONTAMINACION DEL AGUA POR DESECHOS URBANOS Y TRANSFERENCIA DEL AGUA A LOS USUARIOS

Las medidas actuales de restricción en el uso del agua de riego contaminada afectan más a los agricultores que poseen menos recursos (capital, buena relación con los poderes locales, etc.), pues con el acolchado y/o riego por goteo pueden establecer fresa en áreas restringidas para el cultivo de este producto, debido a que el agua que les llega está muy contaminada con los drenajes urbanos que desfogan en el río Duero. (*)

De Zamora al río fluyen entre 300 y 350 litros de aguas negras por segundo que se suman a los 150 litros por segundo que son aportados por la vecina ciudad de Jacona. Quizá sea demasiado desperdicio de agua si se calcula un gasto medio normal de 300 litros diarios por adulto y que la suma de ambas ciudades no rebasa los 200 mil habitantes, pero éste es actualmente el patrón de consumo de agua urbano de la región.

Ordinariamente hay normas para el uso del agua. El entarquinamiento es controlado por la Comisión Nacional del Agua (CNA). La jefatura de operaciones del Distrito de riego 061 Zamora y 099 Quitúpan-La Magdalena presenta los programas de entarquinamiento a la Gerencia Regional de la CNA, con sede en Querétaro, para su autorización. El programa aporta elementos técnicos como son: régimen pluviométrico de los últimos 5 años, dimensiones de las cajas de agua, indicadores de evaporación y filtración, fechas de llenado y vaciado, cultivos a establecer, etc. Asimismo, la retención de agua debe asegurar que no afecta la aportación normal del Lerma-Duero al vaso de Chapala.

A nivel local, los usuarios-solicitantes informan sobre la superficie a sembrar, tipo de cultivo, canal y dren del que se abastece y/o vacía la caja de agua y su ubicación. Es indispensable suscribir la responsabilidad de no causar daños a otras personas.

* La SARH-CNA clasifica los predios, según la calidad del agua, en cuatro categorías donde sólo la primera puede producir fresa para consumo en fresco y para exportación. Se trata de agua de primer uso y/o de pozo profundo. La segunda categoría puede plantar fresa para proceso (mermelada) y las parcelas ubicadas en la última sólo pueden tener cultivos de consumo nacional y/o granos y forrajes.

No obstante este control y planeación para el uso del recurso, el agua es motivo de pugnas. A pesar de subsanar los trámites ordinarios se suscitan conflictos por acceder al líquido en determinados períodos del año agrícola (estiaje).

Otro problema digno de mención es la transferencia del Distrito de Riego a los usuarios (ejidatarios y pequeños propietarios). Esto ha sido un proceso de negociación difícil, pues durante años se gozó del agua a precios relativamente bajos, en consecuencia la infraestructura no recibía el mantenimiento necesario y ahora se requieren unos 35 mil millones de pesos y de 15 a 20 años para rehabilitar presas, canales, drenes y compuertas. ¿Cómo se financiará la obra? Para la CNA son los agricultores quienes deben absorber los costos. Los productores no están convencidos de hacerlo, y por lo tanto se resisten a tomar en sus manos el control y la administración del recurso (Sierra, 1992:25-27).

DOS CARAS DEL ENTARQUINAMIENTO

Como práctica cultural el entarquinamiento presenta ventajas y desventajas que afectan de manera diferente a productores, administradores, consumidores y habitantes del valle. A continuación tratamos de presentar ambos lados de la moneda:

Ventajas

a. El agua destruye las malas hierbas por el proceso de lisis celular, o por lo menos impide su crecimiento y desarrollo normal.

b. Inhibe el crecimiento y desarrollo de algunos patógenos (hongos) y plagas (nematodos, *Phyllophaga sp*) entre otros, de manera que se reduce el número de aspersiones de herbicidas e insecticidas.

c. Puede ayudar a la desalinización de los suelos por lixiviación, siempre que el agua esté libre de esos compuestos, pues de otra manera aumenta el contenido de sales. El grado de salinidad se conoce por medio del análisis de la conductividad eléctrica (CE), la proporción de sodio intercambiable y el valor del pH.

d. Conserva la humedad y la suave textura del suelo, indispensable en la plantación de fresa, brócoli y otros productos hortícolas que son básicamente de exportación.

e. Acarrea y sedimenta material de otros suelos: limus o partículas arenosas para (re)componer la textura del suelo de cultivo. Los cambios físicos, observados a simple vista, son la variación en el color del terreno y, gradualmente, la proporción arcillo-arenosa. El beneficio o perjuicio del suelo dependerá del tipo de materiales transportados.

f. Almacena temporalmente agua de la lluvia. El vaciado empieza desde principios de agosto hasta la segunda semana de septiembre, dependiendo de la terminación segura del ciclo de lluvias. El agua fluye a lo largo de los drenes y ríos, alimenta al Distrito de Riego de Jiquilpan, hasta alcanzar al gran vaso del Lago de Chapala para luego terminar en los drenajes de Guadalajara.

g. Es probable que genere un microambiente propicio para la cría de peces de desarrollo precoz o que pudieran desarrollarse cultivos acuáticos de corto período y ayude al proceso de descomposición de los restos de cultivos anteriores y a evitar inundaciones.

Desventajas

a. El excesivo gasto de agua. Esto es verdad sólo si se bombea de los canales y no se usa agua de lluvia, como efectivamente suele suceder después de que está instalado el temporal. Entre mayo y mediados de junio es normal bombear el agua; ese período es crítico porque algunos cultivos necesitan agua justo en el estiaje. Teóricamente, una caja bien hecha (0.4 a 0.5 m de fondo) almacenaría cuatro mil metros cúbicos de agua. Esto si sólo se llena una vez y no hay evaporación. Sin embargo, la temperatura ambiental (más de 20° C) inevitablemente causa evaporación. En las estaciones meteorológicas de Zamora, Chaparaco y Orandino, al 14 de julio de 1992, el registro mensual acumulado de evaporación era de 125.98, 85.80 y 103.28 milímetros. La oficina local de la CNA calcula que se pierde una capa de 10 cm. por evaporación y otros 10 cm. por filtración. Si la hectárea pierde una lámina de diez centímetros, esto es 400 m³ en total, entonces en dos mil hectáreas hay una pérdida de 800 mil m³ por evaporación y otro tanto por filtración.

b. Cuando no se llena suficientemente (menos de 40 cm) y/o el agua es clara, los rayos solares llegan al fondo y favorecen la fotosíntesis de algunos zacates de extraordinaria capacidad vital. En este caso resulta contraproducente la caja de agua como fitocontroladora. Una función básica es evitar la fotosíntesis de la maleza.

c. Si se llena la caja con agua contaminada con sustancias como detergentes, heces fecales, desechos de empacadoras, metales pesados de las curtidurías, desechos de hospitales, plaguicidas, etc. (las parcelas que limitan asentamientos humanos como La Libertad y Casas de Alto, por ejemplo), entonces el entarquinamiento es un reservorio de patógenos y/o contenedor de sustancias tóxicas. Y los trabajadores -de nuevo el caso de la Colonia La Libertad- sufren de diversas enfermedades de la piel, sobre todo en los pies. Las cajas de agua, sobre todo próximas a la ciudad, son excelentes criaderos de mosquitos.

d. Otro problema es que normalmente el agua de la lluvia y los canales acarrear semillas de hierbas que encuentran campo fértil en las parcelas. Las semillas flotan y se precipitan para germinar, una vez vaciada la caja.

e. La humedad favorece algún tipo de hongos que causan daños al cultivo. De cualquier forma: ninguna planta puede vivir sin el líquido vital, la humedad es imprescindible.

f. Un problema si se maneja mal el entarquinamiento es que si se vacía intempestivamente la caja de agua, la corriente de agua que se forma erosiona el suelo vegetal.

g. Otro efecto nocivo de las cajas de agua es que es posible que por efecto de la minación de una parcela a otra (filtración del agua), se puedan perjudicar cultivos que necesitan menos humedad.

CONCLUSIONES

Con todo, esta práctica cultural, casi gratuita si se aprovecha la lluvia, merece ser revalorada. Es provechoso volver a los viejos textos y aceptar que el estudio y la práctica agrícola comprenden el conocimiento cabal del suelo, pues

“Una de las fuentes más interesantes de la fungitoxicidad natural es el suelo mismo; la población microbiana del suelo es extremadamente compleja y los microorganismos del suelo, tales como los hongos y los actinomicetos, pueden sintetizar cantidades apreciables de antibióticos, que probablemente se difunden en la solución del suelo regulando el crecimiento de otros organismos del suelo (Cremlynn, 1985:206).

Es menos costoso y más saludable para jornaleros agrícolas, consumidores y habitantes del valle usar agua para aniquilar maleza y ciertos nemátodos del suelo que fumigar bromuro de metilo, aplicar 1,3-dicloropropano, o “emplasticar” el medio ambiente.

La propuesta es una invitación a las personas conocedoras del valle y su agricultura para (re)pensar lo que estamos haciendo. Reflexionar sobre estas prácticas en un tiempo donde el futuro es ahora.

LITERATURA CITADA

Corominas, J. 1954. Diccionario Crítico de las etimologías de la lengua castellana. Editorial Gredos. Madrid, España.

Cremlynn, R. 1985. Los plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México. 326 pp.

López Castro, G. 1992. Cambio climático global y sus repercusiones en la agricultura regional. Ponencia presentada en el Seminario Sociedad y Medio Ambiente organizado por SOMEDE en Tepoztlán, Morelos, abril 10-12.

Sierra, A. 1992. La CNA presentó el proyecto de la planta de tratamiento de aguas negras. Guía, semanario regional. Septiembre 13 de 1992. pags. 25-27.

Entrevistas:

Alvarado, H. Jefatura de operaciones CNA. Distrito de Riego 061. Zamora. Septiembre de 1992.

Arroyo, G. Agroquímica Jacona. Jacona, Michoacán.

Marrón Méndez, J. Padrón de usuarios. CNA. Distrito de Riego 061. Zamora. Octubre de 1992.

Marrón Méndez, J. Estadística y pluviometría. CNA. Distrito de Riego 061. Zamora, Michoacán.

Valerio Vázquez, J. Agrónomo parasitólogo. Zamora, Michoacán.

Villa, G. Agrónomo productor agrícola. Zamora, Michoacán.

Vega del Río, Rafael. Unión Agrícola Regional de Productores de Fresas y Hortalizas del Valle de Zamora. Zamora. Junio de 1992.

LA CRISIS ECOLOGICA EN LA CUENCA DEL MAR ARAL POR EL USO AGRICOLA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

Dr. Iván Aydarov, Dr. Yuri Nikol'ski, Dr. Vadim Jachaturyan, Dr. Anatoly Korolkov

ABSTRACT

The water is a dissolvent of different matters including toxic for people and animals. It participates in biological and geological mass and energy transfer on the planet.

An agriculture uses more than 80% of a global water consumption. Now about 50% of a total river chemical runoff creates by drainage including an agricultural drainage on irrigated lands.

The waters coming from agricultural lands content dissolved nitrates, pesticides and other toxicants. If they infiltrate to deep subsurface water they stay there for many years.

The irrigation itself can provoke an ecological crisis. One example is at the Aral sea watershed in the ex - USSR.

Now about 25 millions people live in that area. A main water resources for the irrigation and human consumption are two rivers which annually brought about 100km of fresh water to the Aral sea. The Aral sea actually is a great lake with an average diameter about 300km.

During last 60 years the total irrigated area was increased 3 times and reached now 7 millions hectares. The main irrigated agricultural plant is a cotton.

Now the rivers runoff is completely used for irrigation and practically doesn't come to the Aral sea. Because of this the sea water level fell down 16m and still is lowering with an intensity about 1m/year. The sea water salinity was increased from 10 to 25g/l and accumulated pesticides. An industrial fishing in the sea was finished and a result of it was a significantly increase of an unemployed percentage between a people living at the sea coast.

The open sea bottom is a salty desert which creates annually about 65 millions tons of salty dust transported up to 300km from the sea.

The river outflows were ceased at the deltas. There is a desertification of deltas and a great change of flora and fauna there.

The agricultural drainage water contaminated with pesticides come to the rivers along their stream. The river waters are used for irrigation and return to rivers again with drainage waters. Because of this the pesticide content in the water, soil, plants and domestic animals at the downstream is much higher than at the upstream. A hard human illness amount at the downstream was increased 5 - 30 times. A salinity of mother milk there is 3 - 5 times more than an admissible level. Pesticides are discovered in subsurface waters at the depth 200m.

RESUMEN

El agua es el disolvente de diferentes sustancias químicas, entre éstas, y de las que son tóxicas para el ser humano y los animales participa en el proceso de los ciclos biológicos y geológicos de la materia y de la energía en el planeta.

No menos del 80% de los recursos hídricos que se aprovechan, se utilizan en la agricultura.

Actualmente cerca del 50% del transporte en el mundo de las sustancias químicas sobre la superficie de la tierra junto con las aguas de los ríos, sucede como resultado del arrastre de dichas sustancias disueltas en las aguas del drenaje y aguas que provienen de las tierras irrigadas.

Junto con estas aguas salen disueltos nitratos, pesticidas, herbicidas y otras sustancias tóxicas, estas sustancias se infiltran desde los campos irrigados hacia las capas profundas de aguas subterráneas y permanecen ahí por muchos años.

El riego mismo puede provocar una crisis ecológica, un ejemplo de ello es la cuenca del Mar Aral en la Ex-Unión Soviética.

En esta cuenca viven actualmente 25 millones de personas y la fuente principal de agua son dos ríos,

de los cuales ingresa anualmente al Mar Aral un volumen de 100 km³.

En los últimos 60 años la superficie de las tierras irrigadas creció 3 veces y alcanzó siete millones de hectáreas; el cultivo principal es el algodón.

Debido al desarrollo del riego, el caudal del río fue completamente utilizado, por lo que dicho caudal dejó de ingresar al Mar Aral. El nivel del mar se redujo en 16 metros y continúa reduciéndose con una velocidad de 1 metro por año.

La salinidad del agua aumentó de 10 hasta 25 gr por litro. En el agua se acumularon pesticidas, la pesca industrial cesó, y se elevó el desempleo entre la población de las regiones ribereñas. El fondo descubierto del mar resultó un desierto salado, superficie de la cual se producen anualmente cerca de 65 millones de toneladas de polvo salado y se transportan a una distancia de hasta 300 km. Cesaron los desbordamientos de los ríos, ocurre la desertificación en la zona del delta de éstos y se modificó la variabilidad vegetal y animal.

A causa de la conducción de las aguas drenadas desde los campos irrigados a los ríos y por el uso repetido de estas aguas para el riego, en la corriente baja de los ríos, en los suelos, en la vegetación y en la carne de los animales se acumulan los pesticidas. De 5 a 30 veces aumentó el número de enfermedades en la gente por hepatitis viral, fiebre tifoidea, por cáncer de esófago y otras. La salinidad de la leche materna se tornó 3 ó 4 veces más alta de la norma. Fueron descubiertos pesticidas en aguas subterráneas a una profundidad de hasta 200 metros.

INTRODUCCION

El Mar-Aral- es un depósito de agua cerrado al sur de la que fue la URSS y está ubicado en una zona desértica. En esencia es un lago, pero debido a sus grandes dimensiones (su diámetro tiene cerca de 300 km) fue llamado mar. A este mar desembocan dos grandes ríos: Amu-Daria y Sir-Daria con un volumen de su caudal sumado de 100 km³ por año aproximadamente.

Estos ríos nacen en los glaciares de las montañas a una distancia de 1500 km del Mar Aral, más o menos. En la cuenca de estos ríos se ubican cinco, antes soviéticos y actualmente independientes estados musulmanes: Ubekistán, Tadhikistán, Kirgistán

Turkmenistán y parte de Kazajstán, con una población total hasta este momento de cerca de 25 millones de personas.

Tradicionalmente, a través de muchos siglos, esta zona fue una zona de agricultura de riego. Antiguamente el riego se realizaba principalmente en los valles de los ríos y zonas cercanas a las montañas, en donde las aguas del subsuelo eran suficientemente potables y en donde había un drenaje natural de las tierras irrigadas. La mineralización de las aguas en el origen de los ríos anteriormente era de 0.1 a 0.2 gr/litro, y en la desembocadura al Mar Aral cerca de 0.4 gr/litro. La mineralización del agua en el Mar Aral antes estuvo en un nivel de 10 gr/litro, la profundidad media de más o menos 40 m.

Este mar tradicionalmente fue un lugar de pesca intensiva. Alrededor de este está localizada un conjunto de pequeñas ciudades, población de las cuales trabaja en la pesca y la industria del pescado.

En el curso del siglo actual, la población de la cuenca del Mar Aral se duplicó, al inicio del siglo vivían cerca de 12 millones de personas, ahora 25 millones (Fig. 1). Durante el periodo de la existencia de la URSS, en esta región se desarrolló intensamente el riego y la superficie de las tierras irrigadas creció a triple, alcanzando 7 millones de hectáreas.

Se construyeron enormes sistemas de riego con una superficie de varios cientos de miles de hectáreas, principalmente en las partes esteparia y desértica de la cuenca del Mar Aral en donde originalmente las aguas del subsuelo se hallaban muy profundo (a más de 30-50 m de la superficie) lejos del lecho de los ríos. El algodón se convirtió en el cultivo principal a través de un programa estatal de la URSS para la producción de dicho cultivo con el objeto de satisfacer las necesidades internas y de exportación de algodón.

La construcción de los sistemas de riego provocó la elevación del nivel de las aguas freáticas a causa de la alteración del balance natural de dichas aguas. Debido a las pérdidas inevitables por filtración del agua de riego hacia la profundidad del suelo desde los canales de riego y en los campos irrigados, anualmente se perdía hasta el 50% de toda el agua captada desde la fuente de ésta, limitada por cierto, ocurriendo así la elevación del nivel de las aguas freáticas.

Con el acercamiento del nivel del agua freática hacia la superficie de la tierra, cerca de los 2m,

ocurre el anegamiento de los cultivos agrícolas y la salinización de los suelos. El problema del anegamiento de las plantas consiste en que para las raíces de éstas no hay suficiente oxígeno en la parte baja del perfil edáfico; la salinización se manifiesta por la acumulación en el perfil del suelo de sales tóxicas para las plantas, y que no solo reducen su rendimiento, sino que también pueden convertir al suelo en impropio para su utilización posterior. La causa de la salinización consiste en que las aguas freáticas que se elevaron, como regla, tienen una alta mineralización debido a la disolución de sales originalmente contenidas en las capas profundas del perfil del suelo y que empiezan a pasar a las capas superiores como resultado de las fuerzas capilares. Como se sabe, de la superficie del suelo se evapora y se traspira por las hojas de las plantas agua potable pura. Así que las sales disueltas en la humedad del suelo y que no fueron asimiladas por las plantas se acumulan en las capas superiores del perfil del suelo.

Para prevenir el anegamiento de las plantas y la salinización de los suelos es necesario el drenaje. El drenaje aumenta el desagüe de aguas freáticas y mantiene su nivel a la profundidad necesaria (2 a 3 m). Junto con el agua freática se eliminan también, fuera de los límites del territorio irrigado, a las sales. Para que las sales no tiendan hacia la superficie del suelo, es necesario crear un régimen de lavado acuoso del suelo. Para esto se necesita proporcionar al terreno agua en un 20-30% más de la que se requiere para las plantas. Entre más cerca esté a la superficie de la tierra el nivel del agua del subsuelo, es necesario proporcionar más agua de riego, para prevenir la salinización de los suelos.

Para la prevención de la salinización en la cuenca del Mar Aral se construyó intensivamente el drenaje, y actualmente existe en más de la mitad de los sistemas hidráulicos. En condiciones de uso no remunerado de los sistemas de drenaje y riego, hubo un aumento de las normas de riego.

CARACTERISTICAS DE LA CRISIS ECOLÓGICA

Como resultado del desarrollo de la irrigación, el caudal de los ríos fue utilizado completamente, los ríos dejaron de proporcionar agua al Mar Aral y las aguas de drenaje de los sistemas de riego se arrojaron a los ríos. Más abajo, a través de la corriente, el agua de río mezclada con agua del drenaje se utilizó en la irrigación y en las necesidades de agua de la

población y la ganadería. La mineralización del agua de río en la corriente baja creció en 5 veces, con 0.4 hasta 2 y más gramos por litro (Fig. 2).

Relacionado con la disminución y después con la detención del caudal del río, el nivel del Mar Aral empezó a bajarse con una velocidad creciente. Hasta el momento actual ha bajado 16 m. Como resultado, el mar se dividió en dos partes, se formó una superficie seca y salada del que fue el fondo del mar con una extensión de 3 millones de hectáreas. La mineralización del agua se elevó hasta 25 gr/litro, los peces en el mar prácticamente desaparecieron, la variabilidad de especies se modificó y la pesca industrial cesó. En el agua se acumuló gran cantidad de sustancias tóxicas acarreadas por el agua de los ríos desde los terrenos irrigados. Los poblados de pescadores y los barcos pesqueros se vieron ahora a muchos kilómetros de la superficie del agua del mar. La población de las ciudades ribereñas se vió privada de trabajo. Del fondo del mar seco anualmente se producen cerca de 65 millones de toneladas de polvo salado y se transportan hasta una distancia de 300 km. Nubes de polvo salado se elevan a grandes alturas y alcanzan los glaciares acelerando su derretimiento, que es sobre todo peligroso. En la región del más seco empezaron a caer lluvias con sal, con una mineralización de dicha lluvia de 160 mg/litro. Desaparecieron los bosques antiguos en la línea de la ribera del Mar Aral, así como el mundo animal que habitaba estos lugares.

Cesaron los desbordamientos de los ríos, se degradan los que fueron suelos aluviales muy fértiles y ocurre su desertificación en la zona del delta de los ríos. En los deltas se secaron muchos lagos de agua potable, desapareció el mundo vegetal y animal que anteriormente los habitaba, se aparecieron lagos con agua tóxica y desaparecieron los pastizales para los animales caseros y silvestres. La amplitud de las oscilaciones de la temperatura del aire en el curso de un año aumentó en 2-3 °C en una distancia de 100 km desde el mar, es decir, aumentó la continentalidad del clima.

A pesar de la construcción del drenaje y el aumento de las normas para el riego, la salinidad de los suelos en los sistemas de riego aumentó gradualmente, particularmente esto fue notorio en la corriente baja de los ríos. El rendimiento de las plantas en las tierras de riego en los últimos años comenzó a disminuir.

Empezando de la mitad del curso de los ríos y principalmente en la parte baja de dicho curso, creció

el número de personas contagiadas con formas graves de enfermedades como hepatitis viral, fiebre tifoidea, cáncer del esófago, etc. En la zona ribereña al Mar Aral, el nivel de mortalidad infantil se duplicó, la salinidad de la leche materna se volvió 3-4 veces más alta de lo normal. La cantidad de personas genéticamente inválidas creció hasta 7 personas por cada 1000 de la población, esto es significativamente más alto que en regiones vecinas de las repúblicas ubicadas en el curso superior de los ríos y 3-4 veces más alto que la media en el mundo. En el curso inferior de los ríos, el contenido de pesticidas en la carne de los animales domésticos sobrepasa la norma en 8 veces; en las hortalizas, en 16 veces. Fueron descubiertos pesticidas en aguas subterráneas a una profundidad de hasta 200 m desde la superficie. Aumentó el desempleo entre la población en las regiones aledañas al que fue el Mar Aral; por ejemplo, en el antes poblado pesquero de Araisk, de 30 mil de la población hay 5 mil desempleados. La gente emigra de estas ciudades.

CAUSAS DE LA CRISIS ECOLOGICA

Las causas fundamentales son: la desmedida ampliación de la superficie de las tierras irrigadas, el uso no efectivo del agua y el crecimiento de la población.

La primera de éstas condujo a la necesidad de la construcción del drenaje. Anteriormente se convino en que el drenaje no sólo previene la elevación del nivel de las aguas freáticas y la salinización de los suelos, sino también conduce a una desalinización de las aguas freáticas. Como resultado va a ser posible utilizar parcialmente agua potable del subsuelo para subirrigación. Se convino también que el uso repetido del agua de drenaje para el riego mezclada con las aguas de río aumenta el volumen y eleva la efectividad del uso de los recursos hídricos limitados.

Sin embargo, sucedió que las aguas de drenaje cada año extraen sólo 1/1000 parte de dicho volumen de aguas del subsuelo, y que está ligado con el drenaje, es decir, sólo aproximadamente a través de 1000 años van a ser potabilizadas las aguas freáticas. La mineralización de las aguas de los ríos mezcladas con las aguas del drenaje en la parte baja de éstos, se elevó hasta 2 gr/litro. El control del contenido de sustancias tóxicas prácticamente nadie lo llevó a cabo. El agua del río y el agua

del subsuelo utilizadas no sólo en el riego, sino también en las necesidades de la población se vieron contaminadas por estas sustancias tóxicas. La elevación del nivel de las aguas freáticas bajo los sistemas de riego condujo hacia la necesidad de aumentar las normas para el riego y así prevenir la salinización de los suelos, a pesar de la existencia del drenaje.

PRINCIPALES FORMAS DE SUPERAR LA CRISIS ECOLOGICA

Al principio pareció obvio que a causa de la insuficiencia de agua pura, era necesario descargar a la cuenca del Mar Aral, desde otra cuenca, un determinado volumen de agua limpia. El proyecto de esta descarga de agua fue elaborado, según este proyecto se propuso construir de Siberia (del Río OB) a la cuenca del Mar Aral un canal con una longitud de 2000 km y una profundidad de 12 m con un ancho en la parte de arriba de 120 m, para suministrar a este territorio de agua potable. Sin embargo, consecuentemente se esclareció, que con la tecnología existente para el uso del agua, el agua complementaria solamente empeoraría esta situación crítica. En esta cuenca no se utiliza prácticamente el 50% de los recursos hídricos disponibles, este 50 por ciento se pierde en la filtración hacia el fondo de los canales de riego y capas profundas en los terrenos irrigados, lo que rellena las reservas de aguas freáticas provocando su elevación hacia la superficie de la tierra y la salinización de los suelos. Una parte de las aguas saladas del drenaje es conducida hacia zonas bajas y cerradas, evaporándose allí y por lo cual no ingresa al Mar Aral.

En estas zonas bajas se formaron grandes lagos con una alta mineralización del agua y un elevado contenido de pesticidas.

Para resolver el problema ecológico se tienen muchas proposiciones, algunas de ellas son las siguientes:

- a) Es necesario iniciar urgentemente una limpieza especializada del agua para beber, con el objeto de reducir las enfermedades en la gente.
- b) Es necesario disminuir las pérdidas por filtración de los canales de riego y llevar un conteo estricto de la distribución del agua.
- c) Necesario es disminuir la superficie de los terrenos en irrigación y crear otras actividades

LITERATURA

Hachaturyan V.X., Aydarov I.P. (1990) *Concepcia uluchshenia ekologicheskoi i meliorativnoi situacii y basseine Aralskogo moria "Melioracla i Vodnoe Hosiaystvo"*, No. 12 (en ruso).

Kovda V.A. (1989) *Problemy zaschity pochvennogo pokrava i biosfery planety*, Publ. AN SSSR (en ruso).

- productivas que requieran poca agua, para proporcionar trabajo a la gente y disminuir el uso de los recursos hídricos.
- d) No se puede mezclar directamente el agua del drenaje con el agua de los ríos, es necesario conduciría directamente al mar a zonas bajas sobre la ruta, en donde ésta agua va a ser limpiada por las algas y luego de esto, descargaría por partes a los ríos.
- e) Restituir el Mar Aral a su estado anterior no será posible, pero es necesario que por cuenta de los recursos economizados de agua, suministrar anualmente a este mar de 20 a 30 km, incluyendo antes que todo al agua del drenaje. Es necesario, también, por métodos especializados detener el transporte de arena, polvo y sales desde el fondo ya seco del mar.
- f) Para la futura economía del agua es necesario reducir la superficie ocupada por el algodón y alfalfa (ésta se incluye en una rotación de cultivos algodón-alfalfa) y cultivar especies con menos demanda de agua.

Es necesario también sustituir poco a poco el riego superficial por meigas y por surcos, por métodos más perfeccionados (riego por aspersión, por goteo, microaspersión), con los cuales el agua se utiliza más racionalmente y con pérdidas mínimas. Sin embargo, la sustitución de la técnica de riego conduce a la necesidad de la reconstrucción del drenaje. Un drenaje nuevo deberá aún más bajar el nivel de las aguas freáticas hasta una profundidad de 2.5 a 3 m. Esto exige enormes gastos de dinero.

En la situación crítica actual económica, no se podrá lograr la realización de las medidas para la sustitución de la técnica de riego y reconstrucción del drenaje.

- g) Es necesario regular el crecimiento de la población. Sin embargo, este es el problema más difícil, los caminos para su solución por ahora no se conocen.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración en la traducción del ruso al español del Ing. Benjamín Valdés Bejarano.

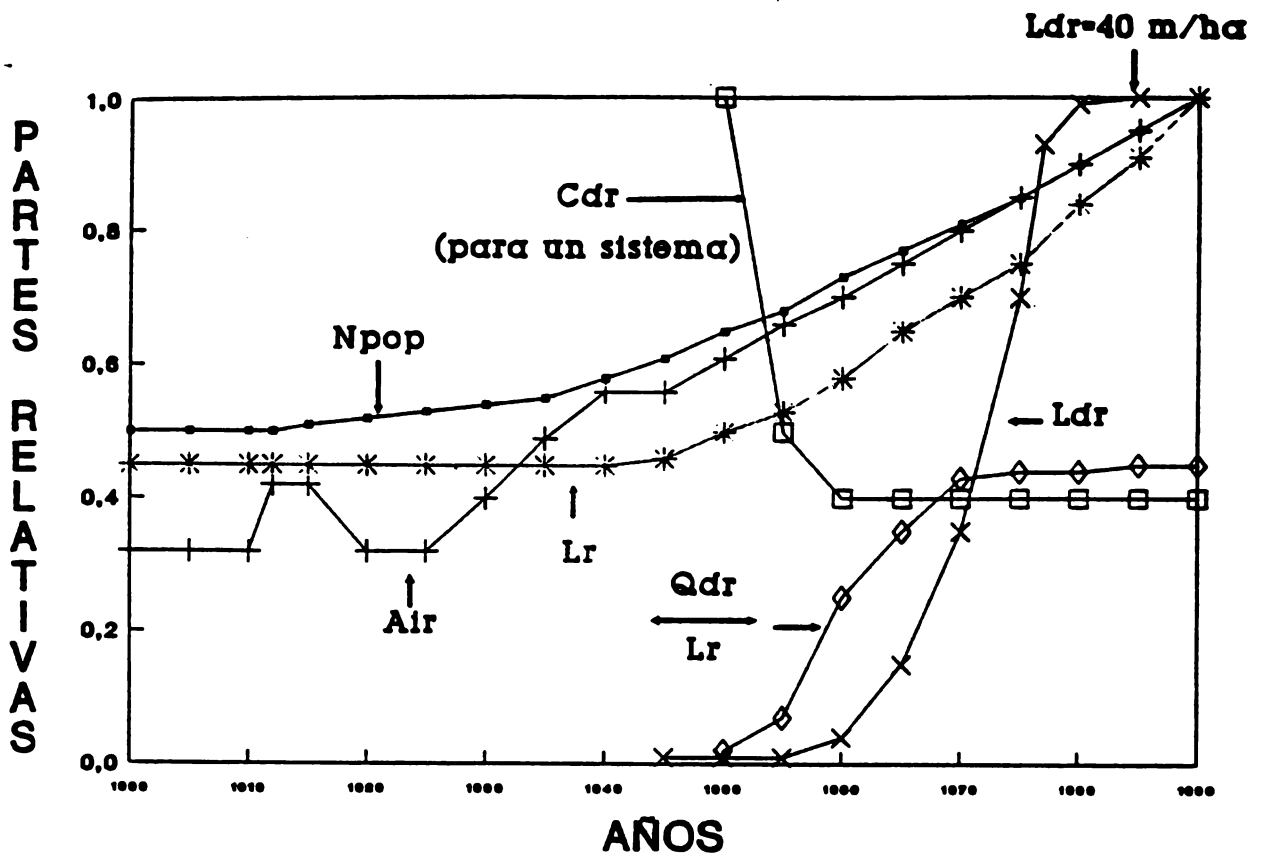


Fig. 1. Desarrollo de irrigación.

—■— población (Npop); + área de riego (Air); * lámina de riego (Lr); □ salinidad de aguas del drenaje (Cdr); X longitud total de drenes (Ldr); ◇ relación entre volúmenes de descarga de los drenes y aplicación de riego anuales ($\frac{Q_{dr}}{L_r}$).

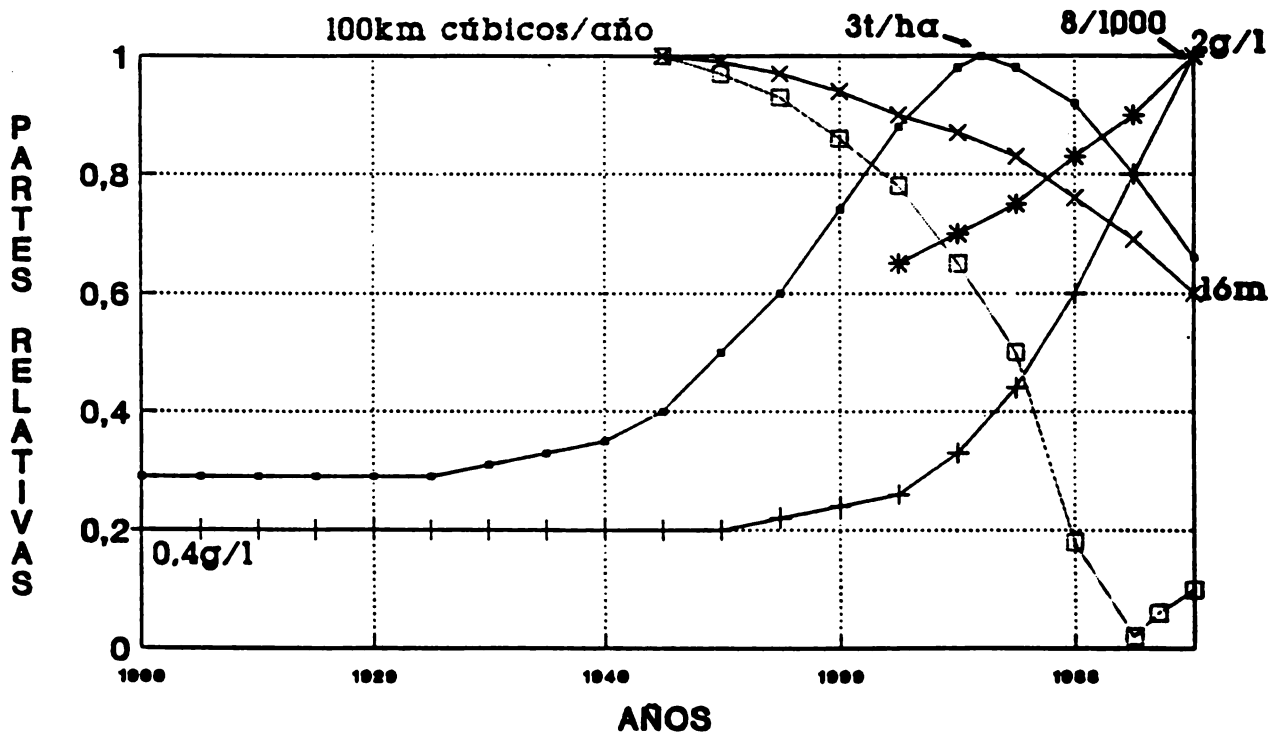


Fig. 2. Consecuencias del desarrollo de la irrigación.

—■— producción de algodón; + salinidad de aguas de ríos en corrientes bajas; □ escurrimiento fluvial de los ríos anual; * mutagénesis; X nivel del mar.

ESTUDIOS FISIOLÓGICOS EN CULTIVOS REGADOS CON AGUAS NEGRAS. I. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE *Lycopersicum esculentum* (VAR. ROYAL)

Morales López E.; Camarena Gutiérrez G. y Campos Jiménez A.

Profesores investigadores de la Unidad de Biología Vegetal de la ENEP Iztacala-UNAM.
Ap. Postal 314 Admon. de correos en Tlalnepantla Estado de México. México.

RESUMEN

A pesar de los problemas de contaminación las aguas negras son una fuente que se utiliza desde 1901, y aún hoy, para regar amplias zonas de cultivo, y puede o no existir un tratamiento previo que varía de región en región. Si bien se han establecido responsabilidades normativas y bases legales, no se ha incubado un proceso de planeación de largo alcance que se traduzca en la evaluación, selección e implementación de prácticas productivas alternativas, que antes de destruir los recursos y degradar el ambiente, sean capaces de aprovechar el potencial que éstos ofrecen para un desarrollo sostenido. Se evaluó el efecto de las aguas negras sobre plantas de jitomate con el Análisis de Crecimiento Clásico y Bioquímicamente. Los resultados muestran que distribuyen desigualmente las proteínas y los fotosintatos producidos, concentrándose principalmente en las hojas y tallos provocando un incremento en la cantidad de clorofilas, y en el grosor de la hoja, favoreciendo al aumento del área foliar que a la larga promueve una mayor eficiencia fotosintética y un incremento de biomasa total de las zonas aéreas y una disminución conjunta de la zona radical.

Palabras Clave: sewage, waste-water, análisis de crecimiento, *Lycopersicum esculentum*, aguas negras.

INTRODUCCION

México es un país que presenta diferentes características geográficas y climatológicas, lo que ha ocasionado que sus recursos naturales estén concentrados en áreas definidas. La distribución irregular de los recursos hidráulicos, su sobreexplotación, el excesivo crecimiento demográfico e industrial y las diferencias de elevación entre las regiones han provocado serias restricciones de consumo y calidad de agua.

Actualmente, cerca de 6 millones de hectáreas se encuentran bajo riego. Geográficamente hablando, aproximadamente el 50% de la superficie total irrigada se encuentra concentrada en tres estados: Sinaloa (21%), Sonora (17%) y Tamaulipas (12%) (IPTRD, 1992). Se estima que el volumen anual de agua requerido para la irrigación es de unos 70,000 millones de m³ y se genera una descarga estimada en 8,500 millones de m³ (12% de la disponibilidad) (Altamirano, 1991).

La insuficiencia de agua y el aumento constante de la demanda de ésta, provocará que en un futuro cercano no se satisfagan los requerimientos para los diversos usos, principalmente el riego agrícola que demanda gran cantidad de agua, frenando de esta manera el desarrollo regional.

Para la conservación y mejor aprovechamiento del agua se ha empleado la reutilización de aguas negras para fines agrícolas en las zonas de escasa disponibilidad y/o alta demanda por usuarios de ésta. (Diario oficial, 1982; Ayanegui, 1984)

Sin embargo, a partir de la década de los 1960, la población, la actividad industrial y el consumo de energéticos se incrementaron sensiblemente en la Ciudad de México, lo que trajo como consecuencia un aumento notable de contaminantes, ya que los desechos industriales y de otras fuentes de descarga en el canal de desagüe han venido degradando la calidad de las aguas negras para riego a causa del gran número de elementos tóxicos que conducen, tales como: sales solubles (cloruros, sulfatos, sodio, etc.), detergentes, boro, metales pesados y otros compuestos dañinos que alteran las propiedades de los suelos, convirtiéndolos en improductivos.

El tratamiento primario y secundario de las aguas negras en estanques de estabilización es lo recomendable para disminuir la polución (medante estos métodos no se eliminan los detergentes ni algunos de los organismos patógenos), y

complementario con un tratamiento terciario de aguas residuales (como la filtración rápida de arena y cloración) para la eliminación de contaminantes.

Como resultado, las aguas residuales se convertirán en un recurso muy valioso, con un potencial enorme para la resolución, en buena parte, de los problemas de suministros limitados de agua.

Según las Estrategias de la Comisión Nacional del Agua (1990-1994), el Programa Nacional de Aprovechamiento del Agua pretende dar solución al problema generado por la contaminación al incluir una normatividad que permita el control y uso eficiente del agua residual que se utiliza actualmente en el riego de 156,000 hectáreas, con miras a favorecer la reutilización de aguas negras para el riego agrícola y por tanto promover el uso de tierras que por su origen eran poco o nada productivas.

El medio ambiente es la principal variable que afecta la producción en sistemas agrícolas. El conocimiento de cómo el medio en un sitio en particular afecta al cultivo es muy importante. Para los agrónomos y fisiólogos de cultivos el objetivo de tales análisis probablemente ayudará a identificar y estudiar uno de los siguientes aspectos: (a) diferencias en la actividad fotosintética entre materiales de origen genético contrastante; (b) respuestas adaptativas de las plantas a ambientes de crecimiento contrastante; (c) cambios ontogénicos en la actividad fotosintética; (d) los principales componentes de la fotosíntesis de la planta, y por lo tanto la producción de materia seca.

El crecimiento de una planta puede describirse en términos de las tasas de incremento en materia seca por unidad de tiempo, y se puede ampliar el análisis para incluir el área asimiladora de carbón para proporcionar una medida del potencial de crecimiento que no está fuertemente influenciado por la ontogenia, por lo que pueden aplicarse más fácilmente en comparaciones que nos permiten interpretar y describir el crecimiento de las plantas y o sus partes, así como la relación entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca (Evans, 1969).

Un método que evalúa el efecto del tratamiento agrícola sobre el desarrollo de las plantas, es el Análisis de Crecimiento Clásico que estima la producción fotosintética neta, describe la fisiología del crecimiento de la planta y de sus partes, la capacidad de producción de biomasa, las diferen-

cias genéticas entre variedades, y es la primera aproximación hacia los estudios fisiológicos en vegetales.

El análisis de crecimiento es una metodología que se considera un método estándar para evaluar la producción fotosintética neta de plantas individuales o de cultivares.

Debido a su papel en la interceptación y transformación a energía de sustancias orgánicas a través de la fotosíntesis, las hojas son los órganos más importantes para la producción vegetal; de hecho para que un cultivo pueda interceptar un 80% de la radiación fotosintéticamente activa, es necesario que alcance un índice de área foliar de 4 - 5. De manera que cualquier factor ambiental que limite la expansión de área foliar, restringirá directamente a la producción de materia seca del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Se sembraron semillas de jitomate var. royal en un sustrato de arena tipo Loess, manteniéndose a capacidad de campo y en condiciones de invernadero, con una temperatura promedio mensual de 23° y una humedad relativa de 67%. El grupo control con 240 plantas (SH), fue regado con solución nutritiva Hoagland (Dunn y Arditto, 1968). Para el mantenimiento de la capacidad de campo de las plantas regadas con aguas negras (AN), se utilizó el agua del Río Tlalnepantla, durante el periodo primavera-verano, evitando así el punto permanente de marchites.

Se realizaron 3 cosechas a los 21, 28 y 35 días después de la siembra. En cada cosecha se tomaron las muestras para las siguientes determinaciones:

A) En hojas

A.1) Peso Especifico Foliar (PEF), que caracteriza el tamaño relativo del aparato asimilatorio

A.2) Area Foliar Especifica (AFE), refleja el grosor de la hoja y es una medida indirecta de la proporción de fotosintatos retenidos por el follaje

A.3) Tasa de Asimilación Neta (TAN), es una estimación indirecta de la velocidad fotosintética con variaciones ocasionadas por la respiración y que se puede medir por la acumulación de biomasa.

A.4) Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), que mide el crecimiento medio en términos de incremento presente en un intervalo de tiempo.

A.5) Clorofilas a, b y totales

A.6) Azúcares Reductores

A.7) Proteínas

B) En Tallos y raíces

B.1) Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

B.2) Carbohidratos Reductores

B.3) Proteínas

RESULTADOS

ABLA 1A.

SOLUCION NUTRITIVA	TAN gr/cm ² X 10 ⁻⁵	TCR hojas gr/día 10 ⁻³	TCR tallo gr/día 10 ⁻³	TCR raíz gr/día 10 ⁻³
COSECHAS 1ª a 2ª	1.577	92.528	42.971	39.300
2ª a 3ª	7.43	27.157	30.028	23.171

ABLA 1B.

AGUAS NEGRAS	TAN gr/cm ² X 10 ⁻⁵	TCR hojas gr/día 10 ⁻³	TRC tallo gr/día 10 ⁻³	TCR raíz gr/día 10 ⁻³
COSECHAS 1ª a 2ª	4.41	108.300	99.2	-32.100
2ª a 3ª	2.01	-108.80	17.4	4.100

ABLA 2A.

SOLUCION NUTRITIVA	AFE cm ² /gr	PEF gr/cm ² X 10 ⁻⁶
1ª Cosecha	369.406	27.020
2ª Cosecha	231.550	43.187
3ª Cosecha	537.402	18.608

TABLA 2B.

AGUAS NEGRAS	AFE cm ² /gr	PEF gr/cm ² X 10 ⁻⁴
1ª Cosecha	348.495	28.694
2ª Cosecha	529.072	18.901
3ª Cosecha	704.242	14.199

TABLA 3.

COSECHAS		SOLUCION NUTRITIVA			AGUAS NEGRAS		
		1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
CLOROFILAS mg/gr	a	.439	1.69	2.96	.574	1.61	2.98
	b	.412	1.06	1.19	.424	1.22	1.58
	Tot	.851	2.75	4.15	.998	2.93	4.56
CARBOHI- DRATOS mg/gr	Hojas	.190	.177	.168	.350	.197	.198
	Tallos	.190	.190	.179	.142	.239	.183
	Raiz	.187	.183	.181	.138	.172	.151
PROTEINAS (ug/gr)	Hojas	1.36	3.35	1.86	3.85	2.31	0.97
	Tallos	0.45	1.12	2.60	2.36	5.36	1.01
	Raiz	0.85	1.57	3.32	1.36	1.19	2.60

DISCUSION

La Tasa de Asimilación Neta de las plantas regadas con aguas negras muestra un aumento mayor que el grupo control en los primeros 21 días, posteriormente la velocidad fotosintética decrece, reflejándose en una paulatina disminución de la producción de materia seca por unidad de área (Tabla 1B).

El Area Foliar Específica del grupo control nos indica que a lo largo del tiempo sus hojas son más pequeñas en relación a las hojas de las plantas regadas con aguas negras. Ya que el comportamiento de estas últimas refleja un aumento constante en el área foliar (Tabla 2A).

Las concentraciones de clorofilas totales es mayor en el grupo experimental a lo largo de las tres cosechas (tabla 3), esto naturalmente es una de las causas del aumento en el índice Area Foliar Específica (Tabla 2B).

Por su parte, el Peso Específico Foliar nos muestra que existe una alta proporción de fotosintatos retenidos por el follaje de las plantas regadas con aguas negras, disminuyendo gradualmente hasta la última cosecha, no ocurriendo lo mismo para el grupo control (Tablas 2A y 2B).

Paralelamente existe una mayor concentración de carbohidratos en las hojas del lote de aguas negras en comparación al otro grupo, lo largo de las tres cosechas. Sin embargo existe un comportamiento contrario en las raíces. En tallo existe su máximo valor registrado en la segunda cosecha (Tabla 3), corroborando lo obtenido por el Peso Específico Foliar.

Las proteínas de las hojas muestran un comportamiento inverso en los dos grupos. En raíces del grupo control se presenta la concentración mayor durante el tiempo registrado (Tabla 3), posiblemente este sea un factor para los valores obtenidos en Area Foliar Específica y Peso Específico Foliar.

La Tasa relativa de crecimiento en tallo, raíz y hojas del grupo control (Tabla 1A), permite observar un menor incremento medio de materia seca, que en lote de aguas negras en las primeras etapas de crecimiento, posteriormente existe una importación de fotosintatos y, por tanto, un incremento en estos valores comparados en el grupo experimental (Tabla 2A).

La disminución de la tasa de asimilación neta decreció a lo largo de las cosechas como consecuencia del riego con aguas negras. La tasa de crecimiento relativo decreció con forme pasaba el tiempo, debido, al menos en parte, al incremento de la cantidad de tejido no asimilatorio y a la disminución de biomasa de la raíz (ya sea debido a menor cantidad de carbohidratos, proteínas etc).

Debido a que las aguas negras del Río Tlalnepantla poseen sustancias que pueden desempeñar una función nutricional (principalmente materia orgánica), y que influyó para que en las plantas regadas con estas aguas: a) La zona aérea incrementara su capacidad fotosintética, debido principalmente al incremento en la cantidad de clorofilas y algunos componentes celulares como enzimas, pared celular etc.

b) Existiera una translocación preferencial a zonas aéreas (hojas y tallo), promoviendo en las hojas divisiones celulares del mesófilo esponjoso, compactándose y arreglándose regularmente, por lo tanto aumentando el grosor y la densidad de las células en empalizada.

c) Se modificara la relación establecida en cuanto a la fuente-demanda de los fotosintatos en las diferentes partes de la planta, acumulándose una cantidad de azúcares reductores en tallos y hojas, disminuyendo el aporte a la raíz al entrar en un estado de estrés.

d) Esto último trajo como consecuencia que la zona radical, sensible a la reducción de la proporción de azúcares y a la tensión establecida en esta zona, redujera notoriamente su biomasa al no existir una velocidad adecuada de divisiones celulares.

e) Finalmente, hasta el estado ontogénico registrado del desarrollo de las plantas de jitomate, indica que el efecto de las aguas negras propicia una mayor tasa de asimilación neta, que no necesariamente podría continuar este patrón hasta la producción de grano, ya que los efectos provocados en raíz pueden a largo plazo ser deletéreos para la planta.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en jitomate regados con aguas negras se concluye que al encontrarse bajo estas condiciones de riego

durante su desarrollo, existe un incremento notable en la proporción de tejido asimilatorio en las primeras etapas de crecimiento. Respecto al tejido no asimilatorio existen dos tendencias totalmente opuestas, una al incremento en las dimensiones del tallo, y otra, en la disminución de las estructuras radiculares.

Todos estos hechos al parecer son una respuesta directa de la gran cantidad de materia orgánica presente en las aguas negras, provocando un estrés y un aporte orgánico suficiente para el incremento de las partes aéreas. Como consecuencia directa, existe una distribución desigual de las proteínas a los diferentes componentes vegetales. Los fotosintatos producidos son traslocados y concentrados principalmente en tallo y hojas, y en mucho menor proporción a la raíz.

Ese patrón de distribución favorece una mayor concentración de clorofilas, un aumento en el grosor de sus hojas y además un incremento en el área foliar que a la larga promueve una mayor eficiencia fotosintética, (evidenciándose en un incremento de biomasa en zonas aéreas) y en una disminución conjunta de la biomasa de la raíz.

Aunque el jitomate var. royal es una hortaliza que se desarrolló en las condiciones generadas en el invernadero y el riego con aguas negras del río Tlalneptantla, no se recomendaría su uso hasta no obtener un análisis del desarrollo ontogénico completo de jitomate, y más aún, hasta no obtener un análisis sanitario confiable de estas aguas.

BIBLIOGRAFIA

- Altamirano, R. (1991). Control de la contaminación del agua en México. En Agua limpia: Estrategia Nacional. Cuadernos Técnicos CICM. Méx (3):35-60.
- Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.), (1975) William Horwitz, editor. Whashington. DC.
- Ayanegui, J. et al (1984). S.A.R.H.sp (83)-10. Méx.
- De Haro, O. et al. (1981). Evaluating the fecal contamination in fruit and vegetables from markets in México City. En: Municipal wastewater in agriculture. Academic press. N.Y.
- Diario oficial. (1982). Ley Federal de protección al ambiente. Méx.
- Evans, G. (1972). The quantitative analysis of plant growth. University of California Press. Barkeley and Los Angeles
- IPTRID. (1991). México: Proposal for technology research in irrigation and drainage. UNPD. World Bank and CNA/IMITA, Méx. 27p.
- Leopold, A. & P. Kriedman. (1975). The plant growth development. Mc Graw-Hill Comp.
- Lilley, R. (1975). New phytol. (75):1-10.
- Mascareño, C. (1974). Estudio preliminar sobre contaminación de suelo y de la producción agrícola en el Distrito de riego 03 por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Col. de Posgraduados, Chapingo. Méx.
- Méndez, G. (1982). Estudio sobre contaminación de los suelos agrícolas del Valle del Mezquital, Hgo. por ABS, boro y metales pesados por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias UNAM.
- Méndez, G. & Guajardo, V. (1985). Terra. (3)1.
- Moeller, C. (1989). Aspectos microbiológicos y de salud en el uso de aguas para riego agrícola. XXII Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Mex.
- S.A.R.H. (1990-1994). Comisión Nacional del Agua. Programa Nacional de Aprovechamiento de Aguas Residuales.

EL NOPAL (*Opuntia* spp.): UNA ALTERNATIVA ECOLOGICA PRODUCTIVA PARA LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS

Eulogio Pimienta-Barrios

RESUMEN

En este artículo se presenta un visión general del cultivo y utilización del nopal (*Opuntia* spp.) en las zonas áridas y semiáridas de México, Italia, Estados Unidos, Chile, Brasil, Sudáfrica y Perú, donde se ha reconocido al nopal por su capacidad para proporcionar forraje, frutos, verdura y por su uso como planta medicinal. Esa planta desempeña un papel importante en la agricultura de subsistencia de estos países y ha destacado como una estrategia ecológica productiva para reducir las consecuencias de las sequías, ya que proporciona una gran diversidad de productos para el consumo humano y animal, además de contribuir a proteger el suelo y a la biodiversidad animal que habita en las zonas áridas y semiáridas.

ABSTRACT

A general overview of the cultivation and utilization of prickly pear (*Opuntia* spp.) at the arid and semiarid zones of Mexico, Italy, Chile, United States, Brazil, South Africa and Peru is presented in this article. In those countries, it has been recognized as an important crop that provides forage, fresh fruits, vegetable and even as a medicinal plant. Nowadays, prickly pear plays an important role in subsistence agriculture, and has emerged as an outstanding ecologic-productive strategy, that helps to mitigate the drought consequences. It also contributes to the protection of soil and the wild animals biodiversity that inhabit arid and semiarid environments.

INTRODUCCION

En los últimos diez años ha surgido un interés particular por el cultivo y aprovechamiento del nopal en México y en otros países que poseen zonas áridas y semiáridas, como Italia, Brasil, Chile, Sudáfrica, Perú y Estados Unidos. Este interés es evidente por el incremento en el número de publicaciones, congresos y simposios relacionados con el nopal. En el presente año (1992) se han programado tres

reuniones internacionales: la primera en el mes de julio en Kinsville, Texas, organizada por la Universidad de Texas; en el mes de agosto en Chapingo, México, organizada por diferentes instituciones de enseñanza e investigación de nuestro país, y la tercera, en septiembre en Chile organizada por la Universidad de Chile y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Este interés ha surgido principalmente del hecho de que esta planta ha mostrado ser una estrategia ecológica productiva para prevenir las consecuencias de las sequías, que cada vez son más frecuentes y severas, ya que proporciona una gran diversidad de productos para el consumo humano y animal; además contribuye a conservar la biodiversidad debido a que provee alimento, protección y hábitat a la fauna silvestre de dichas zonas.

El propósito de este trabajo es describir los principales usos del nopal tunero en las diferentes regiones áridas y semiáridas del mundo en que esta planta se cultiva, para lo cual se empleó el acervo bibliográfico particular, la información verbal y bibliográfica obtenida de investigadores y productores durante visitas a universidades y zonas productoras de nopal en Estados Unidos, Italia, Brasil y Chile.

ASPECTOS HISTORICOS

El aprovechamiento del nopal en México se inició con las antiguas civilizaciones mesoamericanas, principalmente a través de la recolección de frutos y partes vegetativas en poblaciones silvestres. Se menciona que las nopaleras influyeron en el asentamiento de algunas culturas indígenas en México. Numerosas tribus errantes concurrían durante la época de fructificación a lugares donde abundaban poblaciones de nopal y algunas de éstas establecieron ahí sus pueblos (Hernández, 1985). Los cladodios jóvenes, las flores y los frutos eran utilizadas como alimento por los indígenas (Sánchez-Mejorada, 1982). También se tienen evidencias del aprovechamiento del nopal como planta medicinal (Bravo, 1978).

Al igual que otras plantas nativas de México, el nopal fue llevado por los conquistadores españoles a Europa y de allí se ha introducido a distintas partes del mundo. Actualmente se encuentra en España, Portugal, Brasil, Argentina, Marruecos, Túnez, Grecia, Israel, Sudáfrica, Argelia, Colombia, Chile y Estados Unidos (Figura 1).

El nopal fue introducido en los países de la cuenca del mediterráneo al final del siglo XVI. Sin embargo, es en la isla de Sicilia donde ha alcanzado un desarrollo espectacular. Las primeras plantaciones cultivadas se establecieron en el siglo XVII, en las planicies y laderas de colinas alrededor de las ciudades de Catania y Palermo (Barbera y col. 1992).

En las Islas Canarias, el nopal se adoptó como hospedero de la grana o cochinilla y llegó a ocupar un papel importante en estas islas, ya que entre los años de 1831 a 1847 el cultivo de este insecto desplazó completamente a los cultivos de la vid y cereales (Evans citado por Russell y Felker, 1987 a).

A principios del siglo XVII, el nopal fue llevado de España al norte de África, cuando los Moros fueron expulsados (Russell y Felker, 1987a). En Sudáfrica fue introducido por colonizadores europeos en el siglo XVII (Brutsch, 1984).

En Estados Unidos el nopal fue llevado por los misioneros franciscanos a principios del siglo XIX, quienes sembraron plantas de nopal en los traspacios de las misiones (Gibson y Nobel, 1986; Curtis, 1977). Las primeras plantaciones cultivadas de nopal fueron establecidas en el Valle de Santa Clara, California, al principio del siglo XX, por un inmigrante italiano, a quien, en uno de sus viajes a su nativa Sicilia, le llamó la atención el auge que tenía esta especie frutal y trajo consigo cladodios de las variedades que se cultivaban en la Isla, que empleó para establecer la primera plantación (Curtis, 1975). Durante la misma época investigadores del Departamento de Agricultura trataron de fomentar el cultivo del nopal en el sur de Texas, estableciendo lotes de evaluación de variedades en el Sur de Texas. Sin embargo, a pesar del interés de estos investigadores, no se tuvo éxito, debido a los daños causados a las plantas por las bajas temperaturas en invierno (Russell y Felker, 1987 a).

El nopal fue introducido a Chile durante la Colonia y desde entonces ha desempeñado un papel importante en las zonas semiáridas marginadas, en las que los campesinos son de

bajos recursos económicos y poseen tierras de baja calidad con escasos aportes hídricos (Saéñz, 1985). La introducción del nopal en Brasil fue debido a la iniciativa de un joven industrial sueco, Herman Lundgren, que se dedicaba a la industria de la peletería. En el año de 1987, una sequía severa afectó el noreste del país diezmando gran parte de la ganadería, lo cual afectó el comercio de las pieles. Durante este tiempo el joven sueco recibía revistas de Estados Unidos y a través de éstas se enteró de los estragos que causaba la sequía en el ganado en el estado de Texas; las consecuencias que causaba este factor climático eran en parte enfrentadas con el uso del nopal como forraje de emergencia. Esto motivó a Herman Lundgren a importar seis toneladas de nopal de Estados Unidos, las que posteriormente fueron distribuidas a centenares de agricultores en el noreste brasileño. Esta acción ha sido una de las más grandes contribuciones a la economía de las regiones semiáridas de Brasil. Actualmente la mayor superficie cultivada de nopal se encuentra en este país (300,000 ha) (Ciovis de Andrade, 1990).

EL NOPAL COMO CULTIVO FRUTAL

El uso del nopal como especie frutal es uno de los usos económicos más importantes de esta planta en el mundo. Actualmente se encuentra en condición cultivada en México, Italia, Chile, Estados Unidos, Sudáfrica, Israel, Marruecos, Túnez, Colombia y Perú. En algunos de estos países se le han dado nombres vernáculos al fruto: en México recibe el nombre de "tuna", en Estados Unidos y Sudáfrica el de "prickly pear"; en Israel "sabrá"; en Italia "fico d'india"; en Francia "figuier indica"; en España "higo chumbo"; en Chile, tanto la planta como el fruto reciben el nombre de "tunal".

La tuna es un fruto que presenta una amplia demanda en México y en los Estados Unidos, principalmente donde existen grupos étnicos con ascendencia italiana, hispana y africana (Curtis, 1975; Curtis, 1977). En los últimos años se ha incrementado la demanda de la tuna en Europa, debido al atractivo de sus colores y por ser considerado como un fruto exótico (Barbera y Col. 1990).

El valor nutrimental de la tuna se compara favorablemente con frutos como la manzana, pera y naranja, debido a que el contenido de azúcares es similar y en algunos casos superior al de frutos como chabacano, manzano, ciruelo, fresa, frambuesa y durazno; y el de vitamina C, es cercano al registrado

en frutos de especies que se consideran ricos en esta vitamina (Deigado, 1985; Brutsch, 1984) Tabla I.

México es uno de los principales países productores de tuna en el mundo. La superficie cultivada es superior a las 60,000 ha; la mayor parte se localiza en las zonas semiáridas de altura de la zona centro. En estas zonas el cultivo de nopal tunero se lleva a cabo en condiciones de secano y no se practica el riego como en el caso de las zonas productoras de tuna en California, Chile e Italia. Los rendimientos en plantaciones destinadas a la producción de frutos frescos oscilan entre 3 a 15 ton/ha.

Tabla I. Valor nutritivo de la tuna, naranja y papaya (Cantwell, 1991).

Componente	Tuna	Naranja	Papaya
Agua (%)	85.0	87.8	88.7
Carbohidratos (%)	11.0	11.0	10.0
Fibra (%)	1.8	0.5	0.8
Lípidos (%)	0.1	0.1	0.1
Proteínas (%)	0.5	0.4	0.6
Cenizas (%)	1.6	0.4	0.6
Calcio (mg/100g)	60	40	20
Vitamina C (mg/100g)	30	50	50
Vitamina A (UI)	50	200	1100

Ha llamado la atención el esfuerzo de los campesinos de estas zonas para llevar al cultivo extensivo esta planta, y en forma simultánea promover el consumo de los frutos frescos en mercados nacionales e internacionales. La base fundamental del desarrollo de esta especie frutal es la rigurosa selección de fenotipos sobresalientes en poblaciones silvestres y en los traspatios de las poblaciones rurales (solares). Como resultado de este proceso de selección, se han obtenido alrededor de 15 variedades, de las cuales 9 son las más importantes y reciben los siguientes nombres vernáculos: "alfajayucan" (*Opuntia amyclaeae*), "Chapeada" (*Opuntia* sp.), "Amarilla" (*O. megacantha*), "Naranjona" (*O. megacantha*), "Peón-liso" (*O. ficus-indica*), "Cristalina" (*Opuntia* sp.), "Burróna" (*Opuntia* sp.), "Blanca de Castilla" (*Opuntia* sp.) y "Papatón" (*Opuntia* sp.) (Pimienta, 1990).

Italia ocupa el segundo lugar en superficie cultivada y producción de tuna en el mundo. La superficie cultivada es cercana a las 10,000 hectáreas

(Basile, 1990). Sin embargo, es impresionante la productividad de las plantaciones comerciales, lo cual se refleja en los rendimientos que son superiores a las 30 ton/ha. Esta experiencia es un claro ejemplo del alto potencial productivo que puede ser logrado con esta planta bajo un mínimo de atenciones culturales y bajo condiciones ambientales que normalmente limitan el desarrollo de la mayoría de las especies frutales cultivadas. Se cultivan tres variedades: "Gialla" (*Opuntia ficus-indica*), "Sanguigna" (*O. ficus-indica*) y "Blanca" (*O. ficus-indica*), la más importante es "Gialla" (Fanzone, 1991).

La demostración de la eficiencia de los sistemas de producción de nopal en Sicilia son el resultado de una amplia tradición y experiencia hortícola que los fruticultores sicilianos han obtenido con el cultivo de otras especies frutales. Otro aspecto interesante es que el cultivo del nopal se remonta al siglo pasado, y hasta donde se tiene conocimiento, en la Isla de Sicilia es posiblemente el primer lugar donde se empezó el cultivo formal del nopal en el mundo. En la Biblioteca de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Palermo se tienen folletos técnicos y libros sobre el cultivo del nopal tunero, que fueron escritos al final del siglo XIX. Además los productores sicilianos fueron probablemente los primeros exportadores formales de esta fruta en el mundo. Curtis (1975) menciona que a principios del presente siglo exportaban tuna a Nueva York y otras importantes ciudades de la costa atlántica de Estados Unidos. Actualmente Italia exporta tuna a los países de la Comunidad Económica Europea, donde es considerado un fruto exótico. También exporta tuna a Estados Unidos y Canadá.

En Chile, la producción comercial se encuentra en tres regiones: Til-Til, Pudahuel y Noviciado. La superficie que ocupan las plantaciones cultivadas es de 10,000 ha y se encuentran bajo condiciones de riego y de secano; en las primeras únicamente se aplican dos riegos por año y en casos aislados se suministran fertilizantes; en esta condición los rendimientos en plantaciones jóvenes (4-5 años) son de alrededor de 6 ton/ha, y en las adultas (15-20 años), es superior a las 16 ton/ha (Saéñz, 1985). En estas plantaciones se observa un fenómeno fenológico poco usual en nopal, ya que se obtienen dos cosechas por año. En condiciones de secano los rendimientos son bajos e inestables, ya que dependen en gran medida del aporte pluvial, el cual es demasiado errático en la zona. Los periodos de sequía llegan a prolongarse hasta por más de tres años, como ocurrió de 1988 a 1991. Las variedades

que se encuentran en las nopaleras cultivadas y en las de solar, presentan características morfológicas que corresponden a *Opuntia ficus-indica*.

Chile ha iniciado la exportación de tuna a Estados Unidos, Suiza, Canadá, Bélgica, Holanda, Inglaterra, Austria y Alemania, la cual se ha visto favorecida por la experiencia y reconocimiento internacional que tiene Chile como productor y exportador de productos hortofrutícolas. De la producción que se obtiene, 30% se destina a la exportación, 65% al mercado interno y 5% a la elaboración de jugo de tuna, el cual es apreciado por las clases económicas altas y se ofrece como parte del desayuno en restaurantes de cuatro y cinco estrellas. A nivel popular la tuna tiene un alto grado de aceptación, y es común su venta en los cruceros de las principales avenidas de la ciudad de Santiago.

En los últimos cinco años el cultivo formal del nopal tunero ha alcanzado un lugar importante en la fruticultura de Sudáfrica. Dos eventos reflejan el interés por cultivar el nopal como especie frutal en este país; el primero fue la celebración, en 1988, del primer Simposium de Producción de Frutos de Nopal; el segundo fue la publicación de un folleto sobre Nopal Tunero (Brutsch y Zimmerman, 1990). Se han establecido plantaciones comerciales en las cercanías de grandes ciudades: Bloemfontein, Johannesburgo y Pretoria. Una gran parte de la producción se comercializa como fruto fresco. En términos de volumen, no tiene la misma importancia que otros frutos que se producen en este país (e.g. manzana, durazno, naranja), pero su valor en el mercado es igual y en algunos casos superior al de otros. Sin embargo, los márgenes de ganancia son superiores debido a que los costos de producción son menores. Sudáfrica ha exportado tuna a Inglaterra y Francia con resultados halagadores (Brustch, 1984).

En Perú el nopal se aprovecha como especie frutal y también como planta hospedera de la grana o cochinilla. La superficie cultivada para la producción de frutos es de aproximadamente 3,400 ha, de las cuales 3,250 se ubican en la sierra, y el resto, en la costa. De éstas, 600 ha se encuentran en condiciones de riego, y el resto, en secano. Las plantaciones reciben pocas atenciones culturales y los rendimientos son bajos (79.4 kg/ha). El 60% de la producción se encuentra en el departamento de Ayacucho, 15% en Huancavelica y Arequipa. También esta planta se desarrolla en condición silvestre a lo largo del Perú, y tiene como

hábitat los valles interandinos ubicados entre los 1,800 y 2,700 msnm. ocupando extensiones enormes, ya sea en forma de bosques o como plantas aisladas. También se desarrollan en altitudes mayores y más bajas que las indicadas. La principal especie cultivada es *Opuntia ficus-indica*; sin embargo, debido a la existencia de una amplia variabilidad fenotípica, se presume que a partir de esta especie, y de otras con las que crece en condición simpátrica, se han diferenciado una gran cantidad de híbridos y variedades que se distinguen por nombres vernáculos, como tuna blanca, amarilla, colorada o roja, morada, etcétera (Romo-Paredes, 1986).

En Estados Unidos las únicas plantaciones cultivadas destinadas a la producción de frutos frescos se localizan en el Valle de Santa Clara, California. La superficie cultivada es de alrededor de 110 ha. La primera plantación se estableció en 1906, con el fin de satisfacer el consumo familiar de un fruticultor de origen siciliano; posteriormente se extendió la demanda, principalmente entre amigos y vecinos que también eran inmigrantes del sur de Europa o Latinoamericanos. A principios de 1920 el nopal tunero se convirtió en un importante cultivo frutal en este lugar. Poco tiempo después la demanda declinó abruptamente, y para el año de 1926 se redujo considerablemente la superficie cultivada, desapareciendo completamente en el año de 1945. En los años 1960 resurgió el cultivo del nopal en el Valle de Santa Clara, debido fundamentalmente a la promoción que se realizó en Nueva York, Boston, Chicago Filadelfia, Detroit y Los Angeles. Al igual que en Chile, se obtienen dos cosechas por año. Las principales limitantes para promover el cultivo del nopal tunero en Estados Unidos, son la dependencia en un restringido mercado étnico, y la presencia de semillas en el fruto (Curtis, 1975).

Se tiene conocimiento que también se produce tuna en Colombia, ya que se han observado cajas de estos frutos en mercados de Japón. Sin embargo, se desconoce las características de los sistemas de producción. Situación similar se presenta en Marruecos, Túnez, Argelia e Israel. En este último país, es común encontrar plantas de nopal en los solares de las viviendas en las poblaciones rurales, sin embargo, es probable que se encuentren establecidas algunas plantaciones cultivadas de nopal destinadas a la producción de tuna, debido a que recientemente se reportaron resultados de investigación sobre prácticas de manejo orientadas a regular los periodos de maduración con fines comerciales (Nerd y Co. 1989).

En Arabia Saudita, el nopal crece en condición silvestre en grandes extensiones en la región suroeste del país, cerca del Mar Rojo. No se tiene una estimación de la superficie que ocupan estas poblaciones, pero se cree que es importante, debido a que el volumen de producción de tuna es cercana a las cantidades que se han registrado para el dátil y la sandía, que son los dos frutos más importantes en volumen cosechadas en este país. Los precios que alcanzan los frutos son bajos, y en el período de mayor producción los frutos son regalados (Sawaya y Col. 1983).

EL NOPAL COMO CULTIVO HORTICOLA

El uso de los cladodios jóvenes de nopal ("nopalitas") como verdura se remonta a las culturas mesoamericanas. Eran utilizados como alimento por los indígenas en diversas formas: los "nopalitas" eran cocinados, tostados en el comal y guisados con carnes de animales silvestres (venado, armadillo, conejo) o con verduras. La costumbre del uso de los "nopalitas" fue adoptada por los conquistadores, colonos y la población mestiza y criolla, de ahí que se conozcan con nombres castellanos las vlandas y productos industriales actuales: nopallitos pobianos, nopallitos navegantes, nopales reales, etcétera (Sodi, 1968). Actualmente el uso del nopal se restringe a México y a los estados de la frontera sur de Estados Unidos, donde existen poblaciones de origen mexicano.

La superficie cultivada de nopal para verdura es de aproximadamente 4,000 ha. El 85% de esta superficie se encuentra en la localidad conocida como "Milpa Alta", D.F.; el resto se encuentra en los estados de Michoacán, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y San Luis Potosí. En este último Estado se cultiva en clima tropical en la huasteca potosina. En las regiones semiáridas de los estados de Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas y Guanajuato se recolectan "nopalitas" de las poblaciones silvestres; una parte importante de éstos se consumen en mercados locales y en compañías que los envasan enteros o picados en agua con sal yodatada o con vinagre combinados con otras verduras. En el sur de Texas se han establecido plantaciones intensivas usando microtúneles de plástico, con lo que se logran obtener rendimientos altos y producción durante los meses invernales (Nick, 1991).

Tabla II. Valor nutritivo de los nopalitas, comparado con lechuga y espinaca (Arthey, 1975; Neri, 1991; Cantwell, 1991).

Componente químico	Nopality	Lechuga	Espinaca
Agua (%)	95	95	91
pH	4.6	5.9	6.4
Proteína (%)	1.5	1.0	3.2
Grasa (%)	0.4	0.1	0.3
Fibra (%)	1.5	--	--
Carbohidratos totales (%)	5.0	1.8	4.3
Vitamina C (mg/100g)	22.0	15.0	51.0
B-caroteno (mg/100g)	31.0	19.0	55.0
Niacina (mg/100g)	0.46	0.28	0.6
Tiamina (mg/100g)	0.14	0.06	0.1
Riboflavina (mg/100g)	0.6	0.06	0.2
Calcio (mg/100g)	110.0	19.0	93.0
Fósforo (mg/100g)	20.0	21.0	51.0
Hierro (mg/100g)	1.9	0.5	3.0

Como se observa en la Tabla II, los "nopalitas" están constituidos principalmente de agua, carbohidratos, proteínas, minerales y cantidades moderadas de vitaminas. Debido a que el nopal presenta metabolismo ácido crasuláceo (planta MAC), presentan pH más ácido que el resto de los vegetales. Los cladodios que se cosechan en la mañana tiene pH más ácido (4.4), que los que se cosechan en la tarde (5.2) (Cantwell, 1991; Neri, 1991).

Los nopallitos pueden ser considerados como una fuente de vitaminas y minerales (principalmente vitamina C y calcio). El contenido de vitamina C es superior al registrado para lechuga y zanahoria, y cercano a los valores reportados para amaranto, chayote, espárrago, chicharo y tomate. Sin embargo, dentro del grupo de los vegetales se consideran que tienen contenido relativamente bajo de vitamina C (Arthey, 1975).

Aunque el contenido de carbohidratos es relativamente bajo, comparado con otros vegetales, es casi el doble que se reporta para lechuga y ligeramente superior a la espinaca. El contenido de proteínas es superior a los valores reportados para lechuga, y cerca del 50% de los valores reportados para espinaca. Sin embargo, se considera que tiene contenido bajo de proteína (Hegwood, 1990).

EL NOPAL COMO FORRAJE

En áreas marginales para la agricultura tradicional, el nopal tunero se utiliza como suplemento alimenticio para el ganado. En las zonas áridas y semiáridas de México el nopal es considerado como

un forraje de emergencia, cuando escasean otros debido a la falta de humedad (Barrientos, 1969; Flores y Bauer, 1977). En Brasil, el ganado bovino es alimentado con brotes frescos de nopal mezclados con tortas de algodón (Metral, 1965, citado por Kluge y Ting, 1978). En Italia se ha encontrado que el uso de cladodios de nopal complementado con otras especies forrajeras, pueden ser una base importante para la alimentación del ganado bovino en regiones áridas, especialmente para el criollo (Crosta y Tallarico, 1981).

En los últimos años, Sudáfrica ha tendido a cambiar su política de considerar el nopal como una planta nociva, y está apoyando oficialmente el establecimiento de plantaciones de nopal tunero sin espinas, como ayuda o suplemento forrajero en la zonas áridas y semiáridas (Brutsch y Zimmerman, 1990).

En casos aislados se ha registrado el uso de la tuna para alimentar ganado bovino, aparentemente con resultados satisfactorios; de hecho, el consumo de la tuna por el ganado ocurre en forma natural cuando los animales comen los frutos maduros que se desprenden de la planta. Existen informes en la literatura de que los frutos tienen una acción purgante benéfica para remover parásitos gastrointestinales. Sin embargo, también se menciona que la alimentación continua con tuna da como resultado inflamación del tracto gastrointestinal, probablemente ocasionado por las espinas, pero no se descarta que esta inflamación sea debida a cristales de oxalato de calcio, que se encuentran en la pulpa de la tuna.

Cuando las semillas de los frutos se encuentran disponibles en grandes cantidades, constituyen una fuente de proteína importante para el alimento de aves. Las proteínas y grasas presentes en las semillas son asimiladas por el ganado bovino y ovino, solamente si éstas se trituraron, ya que estos animales no mastican las semillas; en cambio el ganado porcino si lo hace (Bravo y Piña, 1979).

EL NOPAL COMO PLANTA MEDICINAL

El uso de los nopalitos como planta medicinal se remonta a las culturas prehispánicas (Sánchez-Mejorada, 1982). Una práctica común que persiste hasta nuestros días es el uso de cladodios calentados para reducir el ardor de los riñones y el orinar. Los jugos de los nopalitos se empleaba también en casos de fiebres biliosas y malignas y como ayuda

para sanar úlceras (Bravo, 1978; Meyery McLaughlin, 1981).

Estudios etnobotánicos en las poblaciones rurales de México han revelado un uso extensivo del nopal como tratamiento para el control de diabetes mellitus (Morales, 1990). Reportes del uso del nopal para el tratamiento de diabetes también se han registrado en Australia y Sudáfrica (Meyer y McLaughlin, 1981).

A pesar de la gran cantidad de evidencias de usos medicinales del nopal, no fue hasta que se estableció el Instituto Mexicano de Plantas Medicinales a principios de los años 1970 que se empezó a investigar el efecto hipoglucemiante del nopal (Trejo-González y Col. 1991). Investigaciones recientes han demostrado las propiedades hipoglucemiantes de los "nopalitos" (Fрати-Munari y Col. 1983; Ibañez-Camacho y Roman-Ramos, 1979; Fernández-Harpy Col. 1984). El consumo de "nopalitos" también tiene efectos en el metabolismo de lípidos. La ingesta de nopalitos cocinados a las brasas antes de cada comida por individuos sanos obesos y pacientes diabéticos reduce los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa (Fрати-Munari y Col. 1983; Ibañez-Camacho y Roman-Ramos, 1979). Lo anterior revela que el consumo de "nopalitos" antes de cada comida puede ser de gran utilidad en el tratamiento de hiperlipidemia, diabetes mellitus y obesidad.

En Estados Unidos ha sido ignorado por largo tiempo el potencial de las plantas medicinales. Recientemente en Estados Unidos ha empezado a llamar la atención las propiedades medicinales del nopal, lo cual en parte es debido a que se ha incrementado la popularidad de los "nopalitos" y las tunas en los estados de la frontera sur de este país, ya que existe una amplia población de origen hispano que acostumbra su consumo. La elaboración de productos de nopal para el tratamiento de las enfermedades anteriormente citadas, puede incrementar el valor económico de los nopalitos y su demanda en Estados Unidos (Hegwood, 1990).

También se menciona el uso medicinal de otras partes de la planta como son los frutos raíces. Paéz (1978) citado por Figueroa (1984) menciona que las tunas machacadas y reducidas a pulpa cruda o cocida eran utilizadas como cataplasmas. Las raíces de algunas especies de nopal se emplean como remedio para la diabetes, hernias, erisipelas, el hígado irritado y las úlceras. Los indios seris de Sonora acostumbran el uso de la pulpa de las tunas

para tratar niños con diarreas persistentes. En Hawai se emplea el mucilago de la tuna como laxante (Meyer y McLaughin, 1981).

En la Isla de Sicilia, Italia, donde existe una amplia tradición en el cultivo y aprovechamiento del nopal, es común que para el tratamiento de problemas renales se consuma un té de flores de nopal. Una pasta de flores secas se aplica en la piel para curar el sarampión.

Gran parte de las propiedades medicinales de las partes reproductivas y vegetativas del nopal probablemente se deban al mucilago, polisacárido que es abundante en diferentes partes de la planta de nopal. Recientemente, en uno de los más elegantes trabajos sobre la propiedades medicinales del nopal, realizado en la Universidad de Arizona por Fernández y Col. 1990, se encontró que un pectinoide aislado de nopal reduce los niveles de colesterol hepático, debido al incremento de ácidos biliares y a la interrupción de la circulación enterohepática. Se ha demostrado que este mismo pectinoide tiene efectos hipoglucemiantes (Trejo-González y Col. 1991).

En Perú es común el aprovechamiento del nopal como planta medicinal. La fruta asada se emplea para curar la tos, y la cáscara se utiliza para curar enfermedades de los riñones (Romo-Paredes, 1986).

COMO ALTERNATIVA ECOLOGICA PRODUCTIVA

En las regiones montañosas internas de la isla de Sicilia el nopal mostró una habilidad asombrosa para enfrentar condiciones ambientales limitantes como son suelos infértiles, lluvias escasas y erráticas, y terrenos abruptos con pendiente. En estos territorios el nopal ha hecho posible convertir terrenos marginales en productivos, proporcionando alimento para el consumo humano o forraje rico en agua, que es sumamente valioso durante los periodos de sequía. Además esta planta ha jugado un papel ecológico fundamental al contribuir a limitar o frenar la degradación de suelos deforestados. Un ejemplo impresionante es la presencia de plantaciones de nopal en las faldas del volcán Etna, donde se ha empleado con éxito para colonizar suelos volcánicos, aprovechando espacios de suelo no cubiertos por la lava (Barbera y Col. 1990).

En Estados Unidos, Sudáfrica y Australia, el nopal es considerado como una planta nociva para la salud del ganado. Sin embargo, recientemente los dos

primeros países han empezado a percibir el efecto benéfico de esta planta en la ganadería, especialmente en condiciones de sequía severa. Un ejemplo de esto fue la sequía que se presentó en Texas de 1949 a 1956, período en el que gracias a la utilización de poblaciones silvestres de nopal para proporcionar forraje y agua al ganado, se evitaron daños severos. A partir de esta experiencia, los rancheros texanos se han mostrado renuentes a apoyar proyectos de eliminación de esta especie, previendo futuras sequías (Meyer y McLaughin, 1981).

El nopal es una de las plantas más productivas en ambientes semiáridos. La productividad de biomasa del nopal puede llegar a ser hasta de 2 kg m² año⁻¹, aun bajo condiciones limitantes de agua, y llega a ser igual a la reportada para alfalfa y en especies forestales con alta productividad (Nobel, 1989). En general las diferentes especies de nopal presentan una alta eficiencia en la conversión de agua a materia seca, por lo que son de cuatro a cinco veces más eficientes que las gramíneas (Russell y Felker, 1987 a).

Considerando que una gran fracción de la superficie de la Tierra es árida o semiárida, el cultivo del nopal tunero que requiere de poca o ninguna agua de riego puede asumir una gran importancia agronómica en el futuro (Nobel y Hartssock, 1983).

Cuadro III. Productividad anual en nopal y diferentes especies cultivadas (adaptado de Nobel, 1980).

Especie	Localidad	Precipitación pluvial anual (mm)	Productividad anual (kg m ² año ⁻¹)
Soya (<i>Glycine max</i>)	Illinois	800	0.7
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	California	1000	3.4
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	California	≥ 500	1.6
Caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	Hawai	2000	6.0
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>)	California	600	0.8
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	México	800	1.0
Maíz (<i>Zea mays</i>)	Ohio	1000	1.9
Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	México	600	1.8

Uno de los principales cambios ambientales que afectan a nuestro planeta, es el incremento global de CO₂, siendo un obstáculo para enfrentar este problema la deforestación que afecta a los principales ecosistemas del mundo (Bazzas, 1990). El nopal es una alternativa que puede ayudar a captar parte del incremento de CO₂, ya que es una de las pocas especies que pueden establecerse con éxito a corto plazo en condiciones ambientales con un alto grado de perturbación, y en la que además es factible

incrementar su eficiencia para captar CO₂ del ambiente con la aplicación de niveles relativamente bajos de agua y fertilizantes. Recientemente Park Nobel (1991), evaluó la respuesta del nopal al incremento de CO₂ en diferentes regiones del mundo, encontrando que esta planta responderá favorablemente a estos cambios climático aun en condiciones en que el agua es un factor limitante para el desarrollo de otras especies vegetales.

Otro de los aspectos del nopal que llama la atención es que proporciona alimento y protección a la fauna silvestre que habita en las zonas áridas. En el Sur de Texas se ha encontrado que las poblaciones silvestres de nopal constituyen una parte importante de la dieta del venado cola blanca y del jabali. Esta planta llega a representar 21 % de la dieta del venado cola blanca durante el año (González y Everitt, 1990).

EL NOPAL Y LA COCHINILLA

La grana (*Dactylopius coccus*) es un insecto parásito del nopal que constituye una fuente de un pigmento o tinte llamado carmín. En Mesoamérica, desde la época prehispánica el color rojo obtenido a partir de la cochinilla del nopal gozó de una especial apreciación por parte de varias culturas. La cría de grana en México fue iniciada desde la época de los toltecas. En la época Colonial este colorante ocupó el tercer renglón en las exportaciones de México, después del oro y la plata. El colorante de la cochinilla fue bien recibido en el viejo continente, desplazando al obtenido del quermes, insecto tintóreo del género *Kermes* spp. originario del sur de Francia, España y Norte de África. La grana, por su gama de colores y brillantez, llegó a constituir un símbolo de poder en Europa. Con su carmín fueron teñidas capas de altos eclesiásticos, ropaje de aristócratas, las famosas casacas rojas de la armada británica.

Durante la primera mitad del siglo XIX los precios internacionales de la grana empezaron a disminuir debido al aumento de la oferta, ya que Guatemala, Perú e Islas Canarias entraron al mercado mundial sumando su producción a la de México. En 1845 se inicia en Alemania la producción de tintes a escala industrial, constituyendo una de las causas del desplome de la producción de colorantes de origen natural. La utilización de los colorantes químicos en la industria incidió en la decadencia de la grana.

El principal productor de grana en el mundo es Perú, donde la producción oscila entre 180 y 220 toneladas por año; aunque ésta se ha reducido debido a la situación política interna de Perú. Por otro lado, la demanda mundial de cochinilla, para su posterior transformación en carmín, presenta una tendencia alcista en la mayoría de los países importadores.

VARIABILIDAD GENÉTICA Y DOMESTICACION

El nopal tunero es una planta que presenta un gran polimorfismo, el cual se observa al estudiar la variación morfológica en poblaciones silvestres, de solar y cultivadas en México (Pimienta y Col. 1987). Se cree que una de las causas de la variación es el frecuente flujo genético natural entre las diferentes especies de *Opuntia* (Gibson y Nobel, 1986), ya que en las poblaciones silvestres y cultivadas es común la coincidencia de períodos de floración (Rodríguez, 1981). Además algunas formas de nopal tunero comparten visitadores y polinizadores florales (García, 1984).

Se considera que el proceso evolutivo, que posiblemente han seguido las formas de nopal para diferenciarse, involucra la hibridación entre especies distintas seguida por la poliploidía. Esta hibridación se acompaña por la duplicación del número de cromosomas, generando de esta manera especies con diferentes niveles de alopoliploidía (Pimienta, 1990).

Los nopales con los niveles más altos de poliploidía (6n y 8n) tienen mayor dispersión geográfica que los diploides (2n); de hecho, la mayoría de las variedades de nopal tunero que se han dispersado en Europa, Sudamérica, África, Oriente y Australia corresponden a la especie *Opuntia ficus-indica*, que en la mayoría de sus formas y variedades son octaploides (Brutsch, 1984). Los crecientes niveles de ploidía en las diversas formas de nopal tunero se refleja en un incremento en vigor de cladodios, peso del fruto y tamaño de estomas. En las formas con niveles más altos de ploidía, los frutos, cladodios y estomas son de mayor tamaño. Estas diferencias en vigor de las plantas y tamaño de los frutos han sido identificadas por los habitantes de las regiones áridas y semiáridas del mundo, quienes empíricamente han logrado seleccionar fenotipos sobresalientes, que han sido la base para el establecimiento de las actuales plantaciones cultivadas de nopal tunero.

A través del tiempo los habitantes de las zonas áridas de México han acopiado una gran diversidad de fenotipos sobresalientes de nopal en los traspacios de las casas en las poblaciones rurales. Estos pequeños huertos han favorecido la evolución natural de esta especie, ya que se crea una condición simpátrica que facilita el flujo genético entre morfoespecies (hibridación), creando nuevas combinaciones genéticas que se establecen con éxito por las condiciones de protección que ofrecen los traspacios. Por lo tanto, las poblaciones de solar pueden ser consideradas como reservas genéticas valiosas del nopal, ya que contribuyen a la conservación *ex-situ* de una amplia diversidad de especies, que son de gran valor como recursos genético.

ESTADO ACTUAL DEL GERMOPLASMA

Como se ha mencionado previamente, las nopales de solar o traspacios de casas en las poblaciones rurales son reservas genéticas valiosas del germoplasma de nopal tunero. Afortunadamente esta modalidad también se observa en los principales países productores de esta especie frutal.

Por otro lado, diferentes instituciones de enseñanza e investigación, localizadas en los principales países productores de nopal y tuna, mantienen colecciones vivas de germoplasma de nopal tunero. En Italia se mantiene una colección de nopal tunero en la Universidad de Palermo, en la cual se han realizado estudios citogenéticos (Sajeva *et al.* 1988). En el Sur de Texas, el Caesar Kleberg Wildlife Research Institute, evalúa una amplia colección de morfoespecies de nopal, en la que se encuentra material colectado en México, Chile, Italia, Marruecos, Colombia y Brasil. El interés fundamental de este Instituto es la obtención de clones resistentes a temperaturas bajas, que ha sido una de las principales limitantes para el establecimiento de plantaciones cultivadas en el sur de Texas (Nobe, 1990; Russell y Felker, 1987 b). En Chile, la Universidad del mismo nombre mantiene una colección de nopales proveniente de diferentes regiones semiáridas de ese país. Sudáfrica también ha empezado la colecta y evaluación de fenotipos silvestres y cultivados, con el fin de obtener variedades con características deseables para la producción de forraje y fruto. En los últimos años, el Agricultural Research Institute of the Karoo Region, situado en Middelburg, ha realizado investigaciones para utilizar esta planta como forraje. La Universidad de Fort Hare dirige esfuerzos de

investigación, principalmente para la producción de fruto para el consumo fresco (Brutsch, 1984).

En México diferentes instituciones de enseñanza e investigación mantienen colecciones vivas de germoplasma de nopal. Entre las universidades que se destacan por esa labor se encuentran la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Saltillo, Coahuila; El Colegio de Postgraduados en Chapingo, y en los últimos años se han incorporado a esta actividad las Universidades de Guadalajara y Zacatecas. Entre los institutos de investigación sobresalen, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, que mantienen colecciones de material nativo en sus campos experimentales situados en las zonas semiáridas de México. La mayor parte del trabajo de investigación se ha orientado a la evaluación de fenotipos sobresalientes, prácticas de manejo y aprovechamiento agroindustrial.

CONCLUSIONES

El nopal es una planta estratégica para las zonas áridas y semiáridas del mundo que se encuentran afectadas por el proceso de la desertización. La experiencia de México y otros países han confirmado el papel de esta especie como una barrera biológica productiva que ayuda a detener y a enfrentar los efectos de dicho proceso, además de ayudar a transformar terrenos marginales en productivos y contribuir a proteger y conservar la fauna silvestre.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al C. Lic. Raúl Padilla López, Rector de la Universidad de Guadalajara, el apoyo proporcionado para visitar universidades y zonas productoras de nopal en Italia, Estados Unidos, Brasil y Chile, con lo cual se obtuvo información que fue fundamental para elaborar este documento. Se agradece también a la bióloga Blanca C. Ramírez H. su apoyo en la revisión del artículo.

REFERENCIAS

- Arthey, DV, Quality of Horticultural Crops (Ed. Butterworths, London, 1975) p 224.
- Barbera, G, F. Carimi y P. Iglese, Econ Bot (1992) 46(1), 10-20.

- Barbera, G, F. Carimi, P. Inglese y M. Sajeve, "The Intensive growing of prickly pear *Opuntia ficus-indica* [L.] Mill for fruit production in Sicily" en *El Nopal su Conocimiento y Aprovechamiento*. 3ra. Reunión Nacional y 1ra. Internacional. López GJJ y M J Ayala (Ed) (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, 1990) pp 127-144.
- Barrientos, PF "El mejoramiento del nopal (*Opuntia* spp) en México". En: Simposio Internacional sobre Aumento de la Producción de Alimentos en Zonas Áridas. Texas Technological college (Ed) (Lubbock, Texas, 1969) pp 81-90.
- Basile, F, Indagine economico-agraria Sulla produzi-one del Ficoindia in Italia (Ed Facolta di Agraria Dell'Universita Istituto di Economia e Política Agraria, Catania, 1990) pp 185.
- Bazzas, AF, Ann Rev Ecol Syst (1990) 21,167-196.
- Bravo, HH, Las cactáceas de México (UNAM, México, 1978) p 735.
- Bravo, HH y I Piña L. Cact Suc. Méx (1979) 24, 27-30.
- Brutsch, OM, "Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivation in Southern Africa", En: Symposium on Agricultural Use of the Cactaceae. Prospects and Problems (International Organization for Succulent Plant Study, Frankfurt, 1984), Manuscrito inédito.
- Brutsch. OM y HG Zimmerman, "The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) in Southern Africa: utilization of the naturalized weed, and the cultivated "spineless crop", En: *El Nopal su Conocimiento y Aprovechamiento*. 3ra. Reunión Nacional y 1ra. Internacional. López G.J.J y M. J. Ayala (Ed) (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, 1990) pp 319-335.
- Cantwell, M, "Quality and postharvest physiology of "nopalitos" and "tunas" En: Proceedings 2nd Annual Texas Prickly Pear Council. P. Felker (Ed) (Texas Pricly Pear Council, McAllen, 1991) pp 50-66.
- Clovis de Andrade, J, As Palmas Forageiras em Alagoas (Maceio, Alagoas, 1990) p 181.
- Crota, GR y R Tallarico, Agric Ital (1981) 110, 173-183.
- Curtis, RJ, Cact & Succ J (1975) XLVII, 35-37.
- Curtis, RJ, Econ Bot (1977) 31, 175-179.
- Delgado A. A, Carcterización de la variación de algunos componentes químicos del fruto (tuna) del nopal (*Opuntia* spp) tunero en el altiplano potosino-zacatecano (Tesis Profesional Universidad Veracruzana, 1985) p 141.
- Fanzone, G, Il Ficoindia (Ed Reda, Roma, 1991) p 86.
- Fernández-Harp, AJ, AC Frati-Munari, A Chávez-Negrete, HB de la Riva y G. Mares-Gómez, Rev. Med. IMSS (1984) 22 (6), 387-390.
- Fernández ML, a. Trejo y DJ McMamara, I. Nutr (1990) 120, 1283-1290.
- Figuroa, H, F. Estudios de las nopaleras cultivadas y silvestres sujetas a recolección para el mercado en el altiplano potosino-zacatecano (Tesis Profesional Universidad Autónoma de San Luis Potosi, 1984) p 170.
- Flores, VCA y R. Bauer, Chapingo Nueva Epoca (1977) 7-8, 77-83.
- Frati-Munari, AC, JA Fernández-Harp, H de la Riva, R Ariza-Andraca, y MDC Torres, Arch Invest Med (1983) 14, 117-125.
- García, S,R, Patrones de polinización y fenología floral en poblaciones de *Opuntia* spp. en San Luis Potosi y Zacatecas (Tesis Profesional UNAM 1984) p 128.
- Gibson, CA y PS Nobel, The Cactus primer (Cambridge: Harvard University Press, 1986) p 286.
- González, LC y JH Everitt, "Fertilized effects on the quality and production of prickly pear cactus and its wildlife value", En: Proceedings of the First Annual Texas Prickly Pear Council, PE Felker (Ed) (Kingsville TX, 1990) pp 3-11.
- Hedgwood, AD, HortScience (1990) 25(12), 1515-1516.
- Hernández, XE, Biología agrícola de México (Ed CECSA, México, 1985) p 59.
- Ibañez-Camacho, R y R. Roman-Ramos, Arch. Invest. Med. (1979) 10,223-230.

- Kluge, M Y IP Ting, *Crassulacean Acid Metabolism* (Ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1978) p 209.
- Meyer, BN y J McLaughlin, *Cact Suc J* (1981) 53, 107-112.
- Morales, B L, "Uso y experiencias de la utilización del nopal (*Opuntia* sp. y *Opuntia ficus-indica*) dentro del campo de la medicina, En: El nopal su Conocimiento y aprovechamiento. 3ra. Reunión Nacional y 1ra. Internacional. López GJJ y M J Ayala (Ed) (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, 1990) pp 352-354. Nerd A, A, Karady y Y Mizrahi, *HortScience* (1989) 24(5), 773-775.
- Neri, LC, Cambios fisiológicos durante el proceso de senescencia en cladodios jóvenes de nopal (*Opuntia ficus-indica* [L.] Miller) (Tesis profesional, Universidad de Guadalajara, 1991).
- Nick, R, "Growing variety 1308 for year around nopalito production" En: *Proceedings 2nd Annual Texas Prickly Pear Council*, P Felker (Ed) (Texas Prickly Pear Council, McAllen, 1991) pp 32-34.
- Nobel, SP, *Excelsa* (1989) 14, 21-28.
- Nobel, SP, *Plant Cell and Environment* (1991) 14, 637-646.
- Pimienta, BE, A Delgado A y R Mauricio L, "Evaluación de la variación en formas de nopal (*Opuntia* spp) tunero en la zona centro de México", En: *Strategies for Classification and Management of Native vegetation for food Production in Arid Zones* (INIFAP-SARH y NFS-USDA), Tucson, 1987 pp 82-86.
- Pimienta, BE, *El Nopal Tunero* (Ed Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 1990) p 246.
- Rodríguez, ZO, Fenología reproductiva y aporte de frutos y semillas en dos nopales del altiplano potosino-zacatecano (Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Nuevo León, 1981).
- Romo-Paredes, R. *Manual de Cultivo de la Tuna y producción de la cochinilla* (Ed. Romero Suárez S R L Asesores y Consultores, Lima, 1986) p 203.
- Russell, EC, y P Felker, *Econ Bot* (1987a) 41(3), 433-445.
- Russell, EC, y P. Felker, *J Hort Sci* (1987b) 62, 545-550.
- Saenz, HC, *Alimentos* (1985) 10 (3), 47-49.
- Sajeva, M, AM Ferrarella, M. Glambruno, G di Barbera, "Números cromosómicos en plantas útiles de género *Opuntia*" Resúmenes 3a. Reunión Nacional y 1a. Reunión Internacional, López G JJ y M J Ayala (Ed) (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, 1988) pp 105.
- Sánchez-Mejorada RH, Algunos usos prehispánicos de las cactáceas entre los indígenas de México (Ed Gobierno del Estado de México, Toluca, 1982) p 48.
- Sawaya, WN, HA Khatchadourian, WM Safi y HM AlMuhamad, *J Food Techn* (1983) 181, 183-193.
- Sodi, PE, *Cact Suc Mex* (1968) XIII (1), 3-12.
- Trejo-González, A, E. Calva, PJ Monterrubio, R. Hernández, L. Sánchez, J. Terrazas, MA Roldal y B Cobos, "Antidiabetic properties of prickly pear cactus, En: *Proceedings 2nd Annual Texas Prickly Pear Council*, P, Felker (Ed) (Texas Prickly Pear Council, McAllen, 1991) pp 75-78.

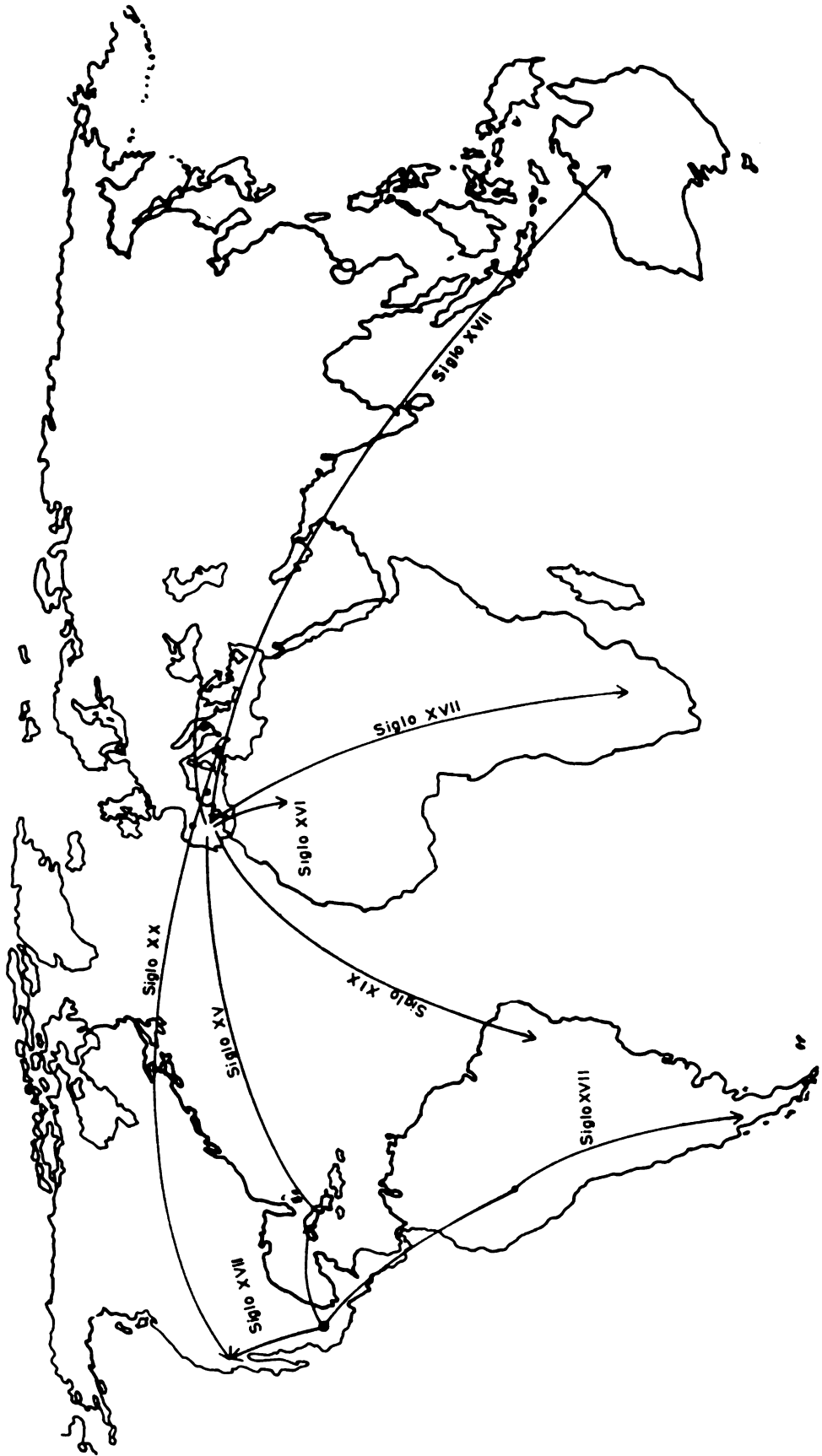


Figura 1. Rutas y épocas de migración del nopal en el mundo.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL CRECIMIENTO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE LAS VARIETADES "ALPHA" Y "ROSITA" Y UNA PROPUESTA PARA EL MANEJO DEL CULTIVO

García Sánchez Pedro, Camarena Gutiérrez Gabriel

Profesores investigadores de la unidad de Biología vegetal de la ENEPI.
UNAM. Apdo postal 314. Admón de correos en Tlalnepantla Edo Mex.

Se estudió el desarrollo ontogénico de dos variedades de papa en cuatro formas de cultivo. Estas formas obedecieron al manejo individual de cuatro pequeños productores. Se realizaron muestreos al azar en un metro cuadrado de terreno donde se obtuvieron el total de plantas en el área muestreada a los tiempos de 45, 65, 73, 90, 105 y 120 días después de la siembra. Con las plantas muestreadas se calcularon los valores primarios del análisis de crecimiento clásico, estos valores fueron: Tasa de asimilación neta (TAN); Tasa de crecimiento relativo (TCR); Índice de área foliar (IAF); Duración del área foliar (DAF), la productividad de materia seca de tubérculos y la acumulación de los azúcares solubles en las hojas. Las respuestas fisiológicas obtenidas nos indicaron un comportamiento diferente entre ambas variedades y entre los tratamientos, reflejado en la productividad de tubérculos y la actividad fotosintética. La productividad de los cultivos estuvo en relación al manejo empleado por el productor.

Conociendo el desarrollo del cultivo y las etapas clave de crecimiento, se sugiere suministrar los insumos agrícolas adecuados para cada fase de crecimiento, con esto se puede obtener un mejor rendimiento tanto en calidad como en la cantidad de tubérculos.

Palabras clave: Análisis de crecimiento; Tasa de crecimiento relativo (TCR); Tasa de asimilación neta (TAN); Índice de área foliar (IAF); Duración de área foliar (DAF).

INTRODUCCION

En los cultivos agrícolas, el rendimiento se interpreta como el resultado de la interacción entre el genotipo y el medio, que se manifiesta a través de los procesos fisiológicos.

El medio ambiente es la principal variable que afecta la producción en sistemas agrícolas. El conocimiento de cómo el medio ambiente en un sitio en particular afecta al cultivo es muy importante. Hay mucha evidencia que enfatiza la importancia fundamental de la cantidad de radiación interceptada por un cultivo sobre su crecimiento y productividad. La fracción de radiación interceptada por un cultivo depende principalmente de su índice de área foliar (LAI) así que en las plantas de cultivo la fotosíntesis no debe ser examinada como un proceso aislado, sino que debe ser estudiada dentro del contexto de regulación de la planta. Para muchos cultivos, cuando LAI alcanza un valor de 4 - 5, más del 80% de la radiación fotosintéticamente activa será interceptada por el dosel de hojas. Esto hace destacar que los factores ambientales que restringen la tasa de expansión de la hoja, limitará directamente a la producción de materia seca del cultivo y por tanto su rendimiento.

En muchos cultivos, la producción de la hoja termina antes de la floración y por lo tanto la fotosíntesis depende de la persistencia de las hojas verdes existentes.

La fotosíntesis es muy importante durante este período, ya que aproximadamente todos los asimilados producidos están siendo usados para llenar todos los frutos, semillas o tubérculos (Cock y Yoshida 1972; Evans *et al* 1975). La persistencia de la área de las hojas verdes durante este período puede tener implicaciones importantes para la productividad económica de varios cultivos.

Para aumentar la producción y calidad de papa es necesario conocer mejor los procesos de acumulación de materia seca, fotosintatos y minerales en cada uno de los órganos de la planta durante su crecimiento.

La planta de papa es un cultivo de gran difusión mundial que posee amplias facultades de adapta-

ción al medio donde se le acomode y a las viscosidades ambientales (Fabiani, 1967). No obstante poseer el camino fotosintético C3, es particularmente muy efectiva para asimilar, convertir y repartir carbono dentro de formas utilizables como producto económico, y potencialmente producir más alimentos por unidad de tiempo, de tierra y agua en comparación con otros cultivos alimenticios (Moreno, 1987).

Para vislumbrar estos procesos, empleamos el análisis de crecimiento, que es un método utilizado para estudiar la productividad de una planta o cultivo, permitiendo seguir la dinámica de la producción fotosintética medida por la producción de materia seca durante cierto período de tiempo (Sestak, *et al.*, 1977):

El crecimiento de una planta puede describirse en términos de las tasas de incremento en materia seca por unidad de tiempo, y se puede ampliar el análisis para incluir el área asimiladora de carbón, para proporcionar una medida del potencial de crecimiento que no está fuertemente influenciado por la ontogénea, por lo que pueden aplicarse más fácilmente en comparaciones que nos permiten interpretar y describir el crecimiento de las plantas y o sus partes, así como la relación entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca (Evans, 1969). Por último, la aplicación del análisis de crecimiento es útil en índices morfológicos, en estudios ecológicos, y sirve para evaluar el efecto de diferentes prácticas agrícolas.

OBJETIVOS

- Evaluar la eficiencia fotosintética de las variedades "alpha" y "rosita" mediante valores primarios del análisis de crecimiento.
- Evaluar la práctica cultural empleada en cada variedad de acuerdo con la eficiencia fotosintética que manifiesten.
- Determinar las etapas claves del desarrollo del cultivo, y con esto sugerir en qué momentos deben aplicarse los insumos agrícolas para la realización de una práctica cultural óptima.

METODOLOGIA

El estudio se realizó en el ejido denominado "El LLano" propiedad de Santa Cruz Pueblo Nuevo

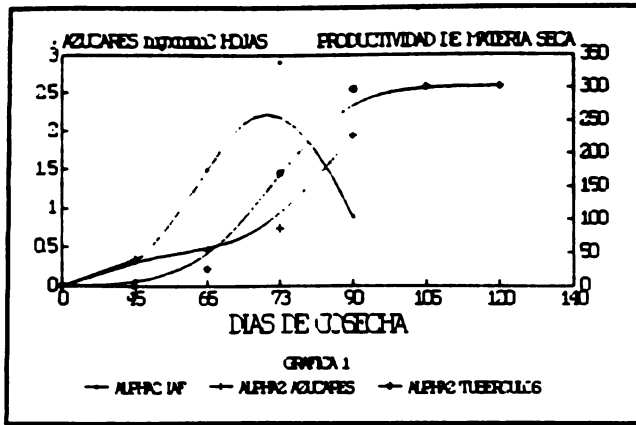
municipio de Tenango del Valle Estado de México, localizado a una altura de 3480 msnm, en una superficie de 5.5 ha, donde se muestreó en los cultivos de Fernando Mejía, quien cultivó la variedad "alpha" en la zona II; Filogonio Tilichea, cultivó la variedad "alpha" en la zona III; Florentino García, cultivó la variedad "rosita" en la zona I; y Fulgencio Mejía, cultivo la variedad "rosita" en la zona III, realizando sus actividades como se observa en la figura 1. Los muestreos se realizaron a los 45 días después de la siembra, correspondiendo al desarrollo de las primeras hojas y tallos; 65 días inicio de la floración; 73 días plena floración y desarrollo inicial del tubérculo; 90 días crecimiento del tubérculo e inicio del desarrollo del fruto botánico; 105 días desarrollo pleno del fruto botánico y crecimiento total del tubérculo; 120 días etapa de madurez comercial. En cada muestreo se tomaron datos de las plantas existentes en un metro cuadrado de terreno. Para la determinación de materia seca de follaje y tubérculos, se separaron las hojas de ramas y tallos, se secaron a peso constante. De las hojas se tomaron 10 discos de 12mm de diámetro los cuales se colocaron en solución de alcohol a 96%, transportándose en frío y oscuridad para la determinación de azúcares, en el laboratorio el tejido se maceró y se continuó la extracción en un aparato Soxhlet, se aclaró con $\text{Ba}(\text{OH})_2$ y H_2SO_4 , llevando a Ph de 6.9, se hidrolizó con ácido, se neutralizó y se llevó a la prueba de Nelson para obtener azúcares reductores totales. En el laboratorio se determinó el área foliar mediante el método gravimétrico, la TAN, TCR, DAF, e IAF se calcularon con base en análisis de crecimiento clásico (Hunt, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSION

"ALPHA 2"

- El IAF, que mide la dimensión del aparato asimilatorio, empezó a ascender a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90 y posteriormente decae.
- La acumulación de azúcares empezó, a incrementarse a partir del día 45, y es al día 90 cuando alcanza su valor máximo.
- La productividad de materia seca de tubérculos, comenzó a partir del día 65, alcanzando un valor máximo al día 105, y es en este día donde alcanzó la máxima productividad, que se mantuvo así hasta el día 120.

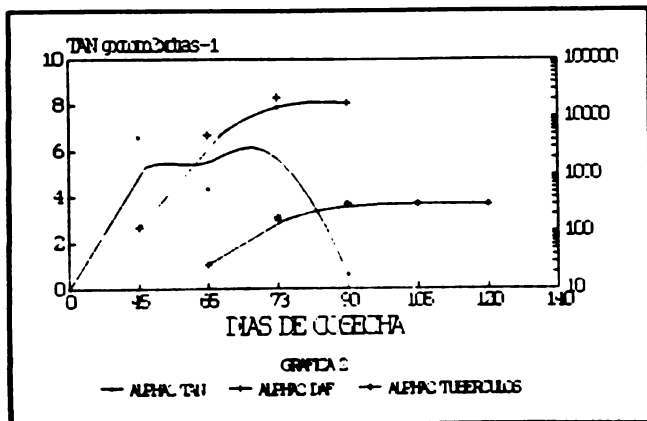
Gráfica 1.



- La DAF, que mide la duración de la actividad del aparato fotosintético, se manifestó eficiente a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 73 y se estableció en ese valor hasta el día 90.

- La TAN, que expresa la tasa de incremento en peso seco en cualquier instante sobre la base del área foliar, manifestó valores crecientes a partir del día 45, y es al día 73 donde obtiene su valor máximo y luego decae, con lo anterior se observó que la actividad del cultivo manifestó una eficiencia hasta el día 73 durante la etapa vegetativa, y es a partir de este momento cuando empieza la etapa reproductiva con el comportamiento de DAF y la acumulación de materia seca de tubérculos.

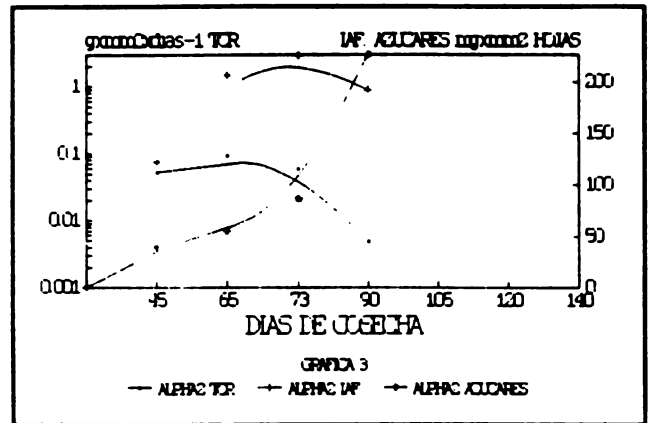
Gráfica 2.



- La TCR, que expresa el incremento de biomasa por unidad de biomasa presente en cualquier instante,

se manifestó a partir del día 45, y alcanzó su valor máximo al día 65, para decaer hasta el día 90. Con lo anterior se entiende el incremento en biomasa hasta el día 65, y es cuando se estableció el aparato asimilatorio en toda su dimensión, medido por el IAF, así también se corroboró con estos parámetros la capacidad fotosintética de acumular azúcares hasta el día 90.

Gráfica 3.



En esta variedad, debido al manejo realizado, no se alcanzó resultados óptimos de productividad y calidad de tubérculos, los factores que intervinieron directamente en los resultados obtenidos fueron: Ataque de fitopatógenos como el Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), nematodos (del género *Globodera* sp), insectos, y virus. Además de la poca atención dada al cultivo en la parte final del desarrollo.

"ALPHA 3"

- El IAF empieza a aumentar a partir del día 45 y es al día 90 cuando alcanzó su valor máximo, manteniéndose así hasta el día 105.

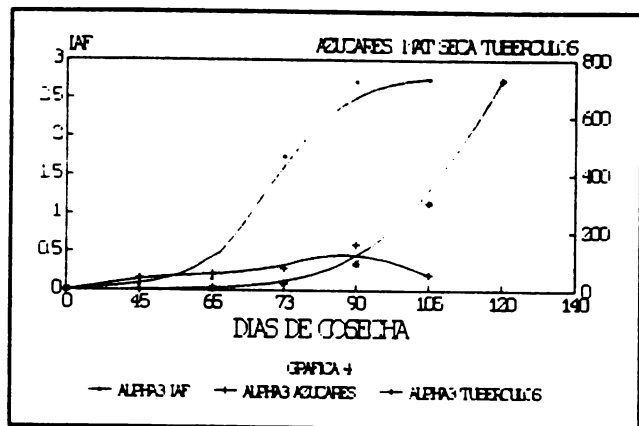
- La acumulación de azúcares se inició a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90, posteriormente decae.

- La acumulación de materia seca de tubérculos empezó a aumentar a partir del día 73, y es al día 120 cuando alcanzó sus máximos valores.

- A medida que se estableció el dosel de las plantas, se manifestó de una manera gradual la acumulación

de azúcares en las hojas, siendo éstas las partes de acumulación de fotosintatos para los órganos de demanda en crecimiento, tubérculos y fruto botánico, además de mantener la estructura de la planta activa. Con lo anterior se observó que el establecimiento de la parte aérea de la planta y la productividad de azúcares, hicieron posible el crecimiento de tubérculos.

Gráfica 4.

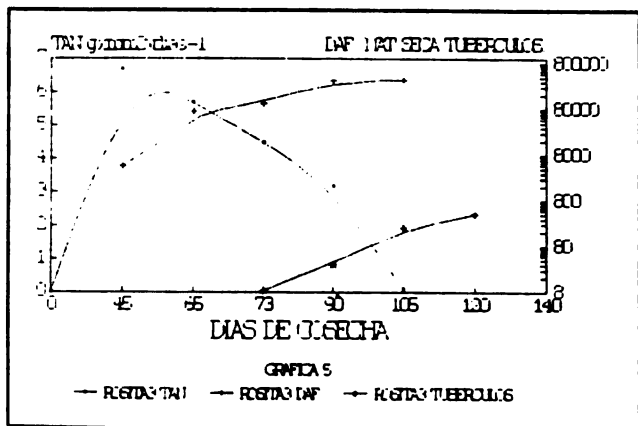


- La TAN alcanzó su valor máximo al día 73, posteriormente decae hasta el día 105.

- La DAF, inició su actividad al día 45, y es al día 65 cuando alcanzó su valor máximo, estableciéndose y manteniéndose activa hasta el día 105.

- A medida que decae el incremento de materia seca de la parte aérea y se establece el dosel de las plantas, se inició la etapa reproductiva, manifestada en la acumulación de materia seca de tubérculos.

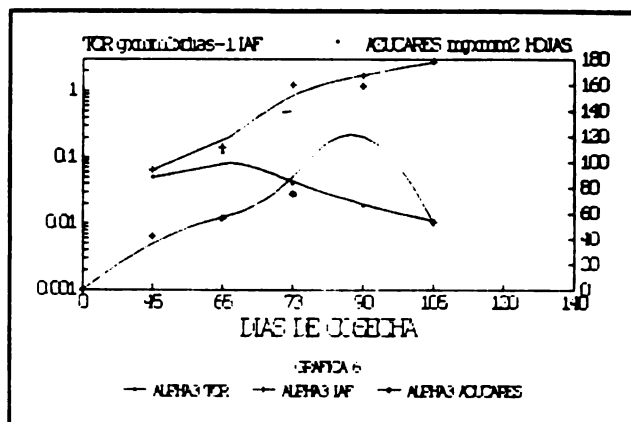
Gráfica 5.



- La TCR, alcanzó su valor máximo al día 65, posteriormente decae hasta el día 105.

- La cantidad de biomasa que se acumuló hasta el día 65 medido en el parámetro anterior, indicó una actividad un tanto eficiente durante la parte vegetativa del desarrollo del cultivo, que se manifestó en la productividad de azúcares en las hojas, y en el establecimiento de la dimensión del aparato asimilatorio.

Gráfica 6.



- Esta variedad fue manejada de una manera más completa que "alpha 2" en la cuestión del suministro de los insumos agrícolas, sólo que este suministro no fue de una manera adecuada a los requerimientos del cultivo, no obstante se obtuvo un buen resultado en la cantidad y calidad de tubérculos.

"ROSITA 1"

- En esta variedad, el IAF inició a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 73, estableciéndose hasta el día 105.

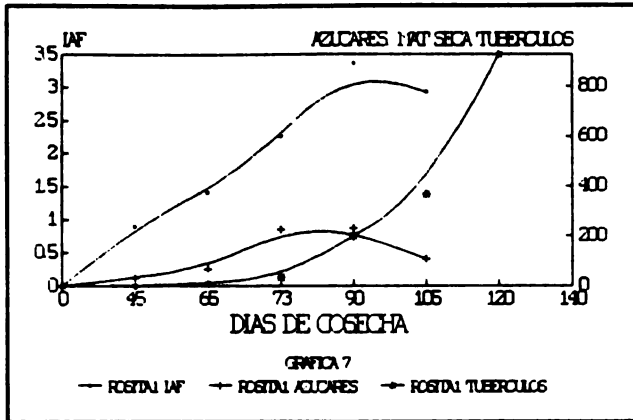
- La acumulación de azúcares se inicio también a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90, es cuando también decae hasta el día 105.

- La productividad de materia seca de tubérculos se registro a partir del día 45, y alcanzó su valor máximo al día 120.

- La eficiencia del aparato asimilatorio, establecido desde la etapa vegetativa, hizo posible un aumento considerable de los azúcares solubles en las hojas

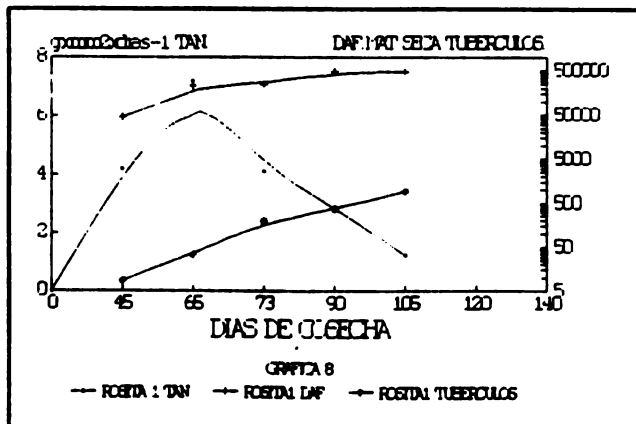
hasta el día 90, así también se empezó a acumular desde esta misma etapa la materia seca de tubérculos, los cuales alcanzaron valores óptimos, ya en la etapa reproductiva, desde el día 105 hasta los 120 días.

Gráfica 7.



- La TAN, alcanzó su valor máximo al día 65, manifestando con esto un óptimo desarrollo del área foliar en este momento, posteriormente decaó a medida que empezó la actividad fotosintética del aparato asimilatorio medido en DAF, que se inició a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90, y se mantuvo hasta el día 105, la actividad manifestada por DAF, se corroboró en la acumulación de materia seca de tubérculos, resultando óptima.

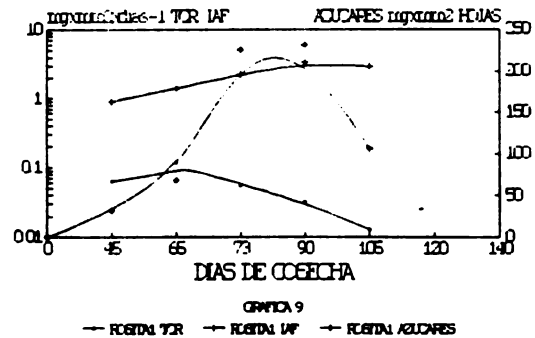
Gráfica 8.



- La TCR alcanzó su valor máximo al día 65, posteriormente decae hasta el día 105.

- El establecimiento de aparato asimilatorio medido en el IAF se obtuvo a medida que la biomasa se incrementó durante la etapa vegetativa, y la acumulación de azúcares comenzó a aumentar a medida que se estableció el dosel, manifestando una eficiencia óptima del aparato asimilatorio ya establecido.

Gráfica 9.



- El manejo dado en este cultivo fue un poco más adecuado a los requerimientos de las plantas durante las etapas de crecimiento, de ahí que los resultados obtenidos en la parte biológica como económica fueran mucho mejor que los tres tratamientos anteriores.

"ROSITA 3"

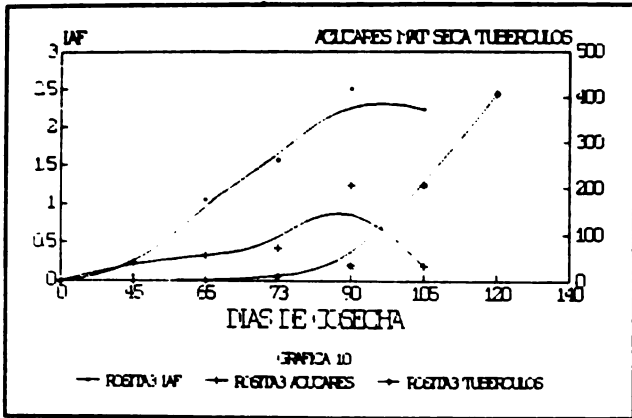
- En esta variedad el IAF alcanzó su valor más alto al día 90, manteniéndose así hasta el día 105.

- La acumulación de azúcares se inició a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90, posteriormente decae.

- La acumulación de materia seca de tubérculos se inició al día 73, alcanzado su valor máximo al día 120.

- El establecimiento un poco tardío del aparato asimilatorio provocó también un registro bajo en la acumulación de azúcares, y por ende la productividad de tubérculos se vio retardada y fue baja.

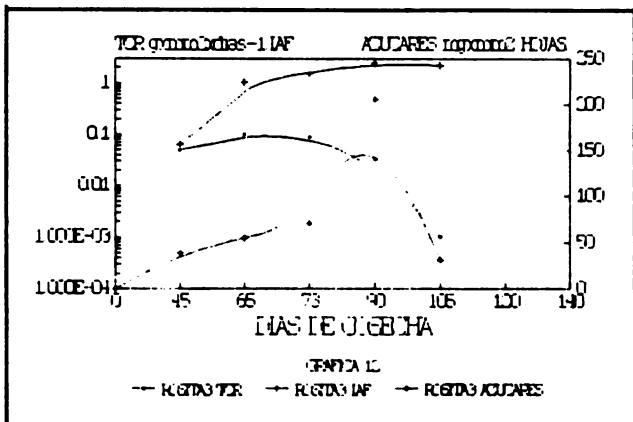
Gráfica 10.



- La TAN alcanzó su valor máximo al día 45, decreciendo paulatinamente hasta el día 105.
- La DAF alcanzó valores a partir del día 45, y su máximo fue al día 90, estableciéndose hasta el día 105.

- El establecimiento temprano del área foliar medido en TAN, y el establecimiento tardío del IAF, provocaron actividad fotosintética baja, medida en DAF, y a esto se atribuye la baja productividad de materia seca de tubérculos.

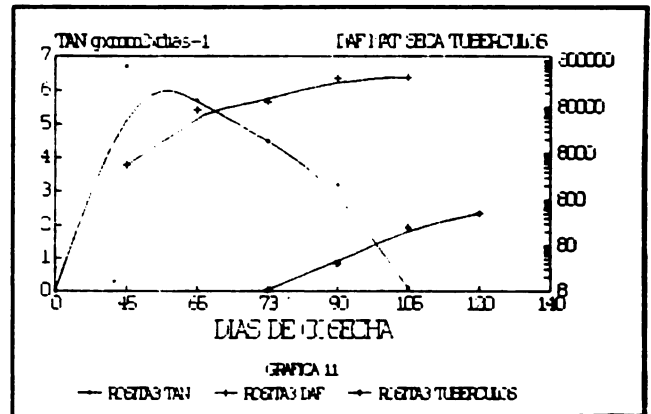
Gráfica 11.



- La TCR alcanzó su valor máximo al día 65, posteriormente decae hasta el día 105.
- El incremento de biomasa, medido durante la etapa vegetativa, el cual resultó bajo, fue producto también

del manejo llevado a cabo en el cultivo, donde se observaron deficiencias nutricionales, de fitosanamiento y de labores de campo, el IAF y la acumulación de azúcares solubles en las hojas indicaron una baja eficiencia fotosintética para tener un cultivo con resultados óptimos en cuanto a productividad y calidad de tubérculos.

Gráfica 12.



CONCLUSIONES

Mediante los parámetros fisiológicos, determinados en estas cuatro formas de cultivo en dos variedades de papa, intentamos distinguir los efectos de la práctica cultural empleada, sobre los procesos fisiológicos y de desarrollo que determinan la producción de materia seca y la productividad. Hemos verificado que la producción de materia seca depende inicialmente de la cantidad de radiación solar interceptada. Al inicio del cultivo, la selección de la "semilla" empleada así como las actividades previas y durante la siembra influyen sobre los índices de área foliar, lo que a su vez limita la tasa de crecimiento.

Una vez que la cubierta total del cultivo se ha establecido (LAI), la producción de materia seca depende del balance entre la fotosíntesis y la respiración, por lo que es muy importante que persista activo el tejido fotosintético el mayor tiempo posible.

Proponemos que mediante este tipo de observaciones en cada región, se puede determinar el momento en el que se deben aplicar los insumos agrícolas requeridos por las plantas en cada etapa de crecimiento, también se puede determinar el momento del control sanitario de la siembra hasta la

cosecha y la realización de las actividades de labranza.

Este tipo de observaciones puede permitir a los agrónomos y fisiólogos de cultivos tomar en cuenta los efectos del medio ambiente sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos, de manera que también pueden resolver con mayor precisión los efectos de tratamientos experimentales o culturales.

BIBLIOGRAFIA

OFFICIAL METHODS OF AMERICAN ORGANIZATION OF ANALIST CHEMIST 1976.

BUTLER Y BAILE. 1973. CHEMISTRY AND BIO-CHEMISTRY OF HERBAGE. ACADEMIC PRESS LONDON.

IVINS J.D; MILTHORPE F.L. 1983. THE GROWTH OF THE POTATOE. ED BUTTERWORTHS LONDON.

TANAKA Y FUJITA. 1971. STUDIES ON THE NUTRIO-PHYSIOLOGY OF THE CORN PLANT (PART 7). ANALYSIS AT DRAY MATER PRODUCTION FROM THE SOURCE-SINK CONCEPT. J. SCI. SOIL AND MANURE JAPAN 42,152-156.

JEFFERIES R.A Y LAWSON H.M. 1991. A KEY FOR THE STAGES OF DEVELOPMENT OF POTATO (*Solanum tuberosum*). ANN. APPL. BIOL (1991). 119,387-389.

EVANS. G. C. 1972. THE QUANTITATIVE ANALYSIS OF PLANT GROWTH. BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS. OXFORD.

HUNT. R. 1982. PLANT GROWTH CURVES. THE FUNCTIONAL APPROACH TO PLANT GROWTH ANALYSIS.-E. ARNOLD PUBLISHERS. LONDO

VARIETADES	ROSITA	ROSITA	ALPHA	ALPHA
ZONA Y FORMA DE CULTIVO	I	III	II	III
DENSIDAD DE SIEMBRA	30 x 80 cm	25 x 80 cm	25 x 80 cm	25 x 80 cm
DESINFECCION DEL TUBERCULO	HIPOCLORITO		TERRAZAN	TECTO
APLICACION DE CAL AL SUELO	400 Kg X Ha			600 KG X Ha
APLICACION DE MATERIA ORGANICA	14 TON X Ha	8 TON X Ha		14 TON X Ha
APLICACION DE FERTILIZANTE QUIMICO	N P K 68-68-68		N P K 96-132-0	N P K 152-264-184
APLICACION DE HERBICIDA	SENCOR 1Kg X 400 L	DESHIERBE MANUAL	DESHIERBE MANUAL	SENCOR 1 Kg X 400 L
APLICACION NEMATICIDA	FURADAN 1Kg X 400 L DOS VECES			
APLICACION DE FUNGICIDA	DRAGON 1Kg X 400 L RIDOMIL 1 Kg 400 L MANZATE 200 1KG 400 L DOS VECES	MANZATE 200 1 KG X 400 L DOS VECES		RIDOMIL BRAVO 1 K x 400 L DOS VECES MANZATE 200 1 K x 400 L
APLICACION DE INSECTICIDA	FOLEY 1 LT x 400 L 4 VECES			MONITOR 1 LT X 400 LT SEIS VECES
APLICACION DE ABONO FOLIAR	ARCO IRIS 20-30-20 FOLIM 0-40-40 4 Y 2 VECES			ARCO IRIS 20- 30-20 SEIS VECES
APLICACION DE COMPUESTOS QUELATOS				750 ml X 200 LT
APLICACION DE ADHERENTE FOLIAR	FLONEX 1 LT X 200 ml			
APLICACION DE AMINOLES	KADOSTIM 500 ml X 200 LT			

FIGURA 1.

RENDIMIENTO DEL FRIJOL EN TEPETATES Y ABONOS ORGANICOS

Dr. José Feliciano Ruiz Figueroa, Dra. Esther Leal Serrate, T.A. Luis Torres Cedillo
Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos y el
Instituto Superior Agrícola de Ciego de Avila. Departamento de Agronomía

INTRODUCCION

El cultivo del frijol ocupa en México un lugar de importancia dentro de la economía nacional, dada esta por el número de hectáreas de siembra, de diversidad de variedades y las múltiples formas de consumo que se presentan en la población.

Diferentes fuentes estadísticas reportan que en México se ocupan aproximadamente entre 80 - 90% de la superficie para siembras de temporal y el resto, de riego, pero en el caso del cultivo del frijol los rendimientos alcanzados son bajos, teniendo en cuenta que México está aceptado como el más probable centro de origen (Debouck e Hidalgo, 1985) ya que durante los últimos años el rendimiento promedio oscila entre 500 - 600 kg/ha.

Se podrían señalar varios métodos para incrementar el rendimiento del cultivo del frijol, tales como: incrementar la superficie de siembra, mejorar las técnicas de producción, utilizar variedades mejoradas, realizar un óptimo manejo agrotécnico y también la aplicación de la agricultura orgánica.

El uso de la agricultura orgánica ha permitido incrementar los rendimientos de varios cultivos según reportes de diferentes investigadores, y entre ellos el frijol, sobre todo en el caso en que éste se cultive en tepetates, tiene una adecuada respuesta en el incremento de sus rendimientos, debido a la conocida acción deflectora de éste material, y la aplicación de la agricultura orgánica no sólo beneficiará los cultivos establecidos, sino que el suelo también recibe sus beneficios en sus propiedades físico-químicas, ya que los tepetates están caracterizados por ser pobres en uno o más nutrimentos esenciales y además estar en proceso de degradación o erosión en gran parte del país.

OBJETIVOS

Atendiendo a las premisas anteriores es que el presente trabajo se plantea los siguientes objetivos:

1. Conocer la influencia del sistema de agricultura biointensiva en tepetates sobre el rendimiento del frijol.
2. Evaluar el efecto de diferentes tipos de abonos orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en San Miguel Tlaixpan, ubicado en las estribaciones de la Sierra de Río Frio, a una altura de 2 540 msnm, con un clima templado subhúmedo (CWOWB1') que presenta una pluvio-metría media anual de 850 mm y la temperatura media anual oscila entre 12-18 °C.

Las parcelas experimentales se conformaron sobre el tepetate amarillo, y la roturación del mismo se realizó siguiendo lo recomendado por Jeavons, (1991) de forma manual, la formación de las camas bio-intensivas se llevó a cabo por el método de simple excavado, a las cuales se le aplicaron los siguientes tratamientos:

TRATAMIENTOS APLICADOS

CAMA I (C-I): Roturación de tepetates: Tradicionalmente el nativo de San Miguel Tlaixpan realiza el denominado banqueo para incorporar a la producción los tepetates, en el caso de la experiencia se usaron utensilios manuales (pico, pala y barrena).

CAMA II (C-II): Aplicación de composta: Se realizó la aplicación de la composta en las camas bio-intensivas a razón de 1 m³ por cama.

CAMA III (C-III): Aplicación de estiércol: La aplicación de la dosis de estiércol por cada cama bio-intensiva fue a razón de 1 m³ por cama.

CAMA IV (C-IV): Aplicación de tratamiento mixto: Se realizó la aplicación de un tratamiento mixto mezclando 0.5 m³ de composta con 0.5 m³ de estiércol bovino, para conformar la cantidad total de 1 m³ por cama bio-intensiva.

La siembra se efectuó, en todas las camas, de forma manual con la variedad de frijol Flor de Durazno, y las atenciones culturales de post-siembra se realizaron para garantizar un óptimo rendimiento en el frijol sembrado de forma intensiva (Ogden, 1983).

EVALUACIONES REALIZADAS

Las evaluaciones fenológicas, fisiológicas y de suelo (físico - químicas) fueron:

- Peso del grano de frijol a 0% de humedad.
- Peso del grano de frijol a 14% de humedad.
- Peso de la paja del frijol.
- Índice de cosecha.
- Peso seco de los órganos de la planta.
- Altura de la planta.
- Longitud del sistema radical.
- Presencia de nódulos en las raíces.
- Propiedades físicas del suelo:
 - a) Densidad aparente.
 - b) Resistencia mecánica.
 - c) Contenido de humedad en las etapas fisiológicas.

RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura 1 se muestran los resultados del peso del grano a 0% de humedad y se puede apreciar que entre los tratamientos C-III y C-IV no se presentan diferencias, pero sí entre los tratamientos C-I y C-II, lo que demuestra el papel que sobre los rendimientos (seco) tuvo el tratamiento mixto de estiércol con composta. Además se observa que en relación al testigo (C-I) todos los tratamientos lo superan, lo cual evidencia las bondades del método sobre el suelo y la planta.

En la figura 2, donde se muestra el rendimiento de granos a 14% de humedad, el comportamiento de todos los tratamientos fue similar al análisis anterior, lo que evidencia que la influencia de los tratamientos mejora los contenidos internos de la composición del grano, pero no afectan las cantidades de agua retenidas en sus tejidos, lo cual facilita las actividades fisiológicas que se ejecutan internamente con el fin de convertirlas en rendimientos útiles al hombre. En el Cuadro 1 se muestran los valores del índice de cosecha, determinado con base en el peso a 0% de humedad y a 14% de humedad, y pueden apreciarse las diferencias que se presentan entre los tratamientos en cuanto a este parámetro considerado como la medida más común

de distribución de la materia seca en el cultivo del frijol.

CUADRO 1: VALORES DEL INDICE DE COSECHA (IC) EN FRIJOL.

TRATAMIENTOS	INDICE DE COSECHA	
	0% HUMEDAD	14% HUMEDAD
C-I	0.19	0.21
C-II	0.39	0.42
C-III	0.32	0.35
C-IV	0.33	0.36

Como se aprecia, los mejores valores en la proporción de materia seca se presentan frente a los tratamientos de composta y de esta mezclada con estiércol, aunque no hay mucha diferencia entre estas dos últimas.

En sentido general podemos decir que los valores están un poco por debajo del rango establecido para el cultivo, entre 0.5 - 0.6 según reporta White (1985), lo que nos indica que no hay una plena adaptación del cultivo al medio en que se desarrolla, lo que se traduce en una pobre formación de vainas en relación al desarrollo vegetativo del cultivo, aunque este mismo autor señala la pobre relación lineal que se presenta entre este parámetro y los rendimientos.

En la figura 3, donde se exponen los valores del peso seco de la paja en cosecha y el comportamiento, es similar al encontrado en las figuras anteriores, lo que evidencia la influencia de los tratamientos utilizados sobre el cultivo en relación al testigo.

Los aspectos fenológicos evaluados de altura de la planta, longitud de la raíz y presencia de nódulos en las raíces, se exponen en la figura 4, y se puede apreciar que la altura alcanzada por la planta se ve afectada por los tratamientos y éstos superan al testigo en este parámetro, siendo un aspecto importante, ya que el desarrollo vegetativo que alcance la planta es imprescindible para que al momento de iniciarse las etapas reproductivas se tenga un adecuado soporte para la inflorescencia y, por ende, la producción final a alcanzar por la planta.

Otro aspecto de importancia es el desarrollo del sistema radical que propiciará la toma de agua y nutrientes que garanticen el conocimiento, desarrollo y rendimientos en el cultivo, viéndose éste

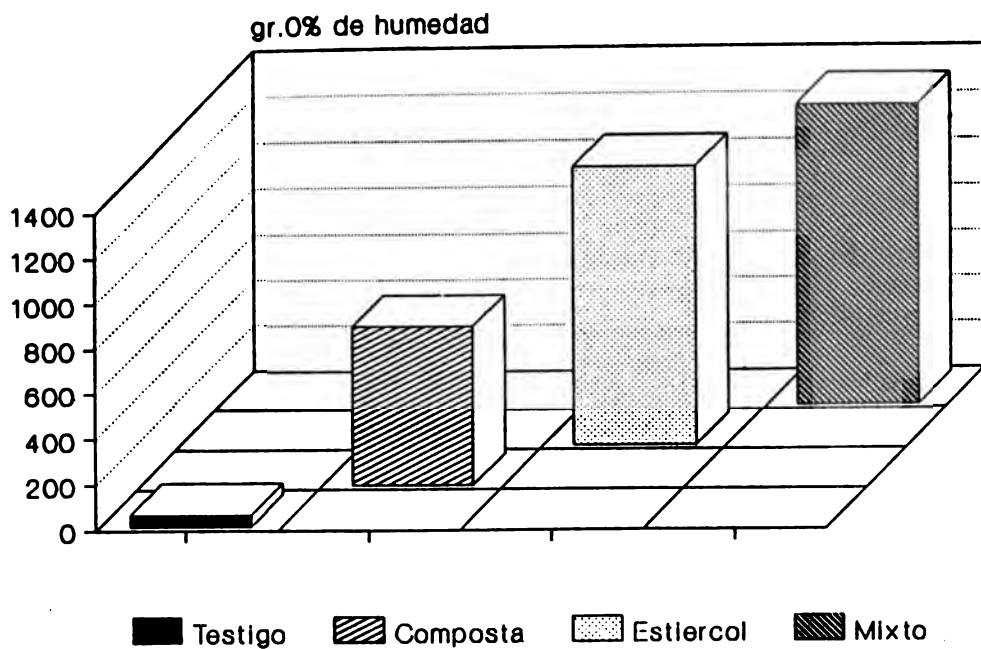


Figura 1. Rendimiento del frijol al 0% de humedad.

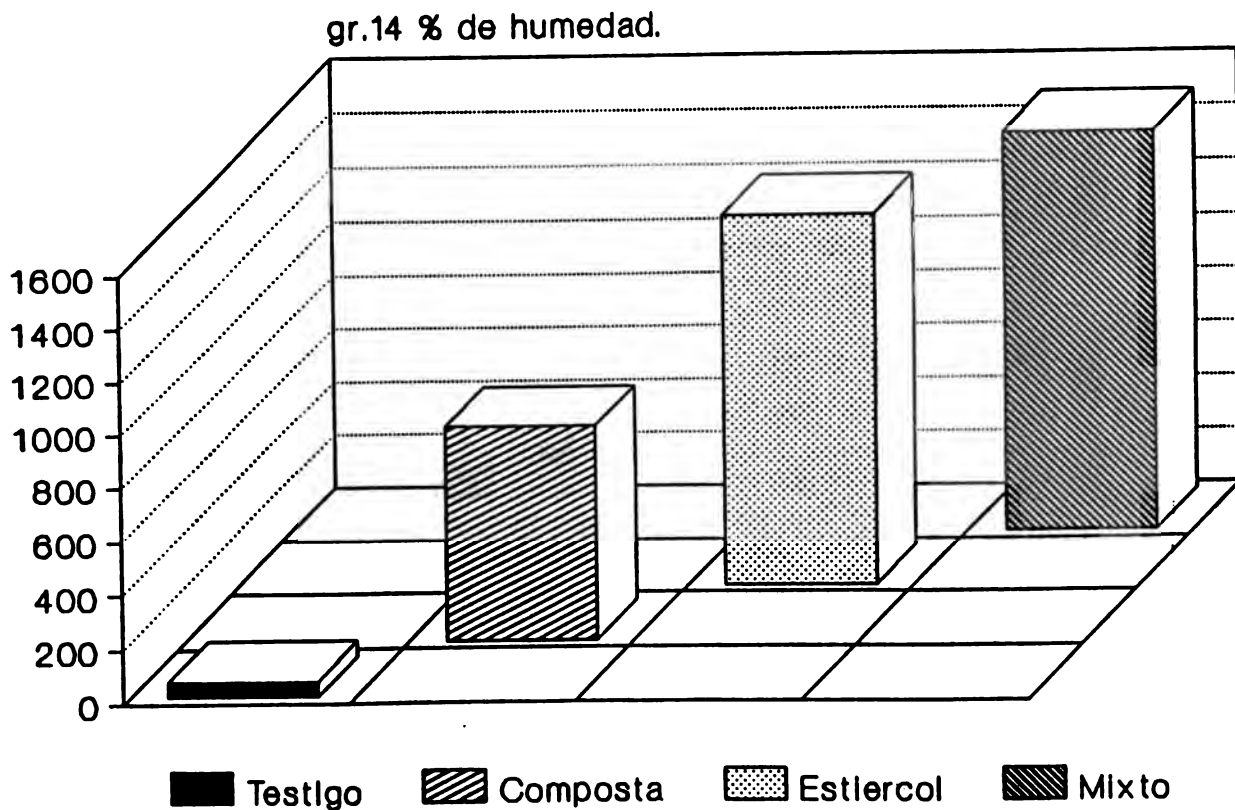


Figura 2. Rendimiento del frijol al 14% de humedad.

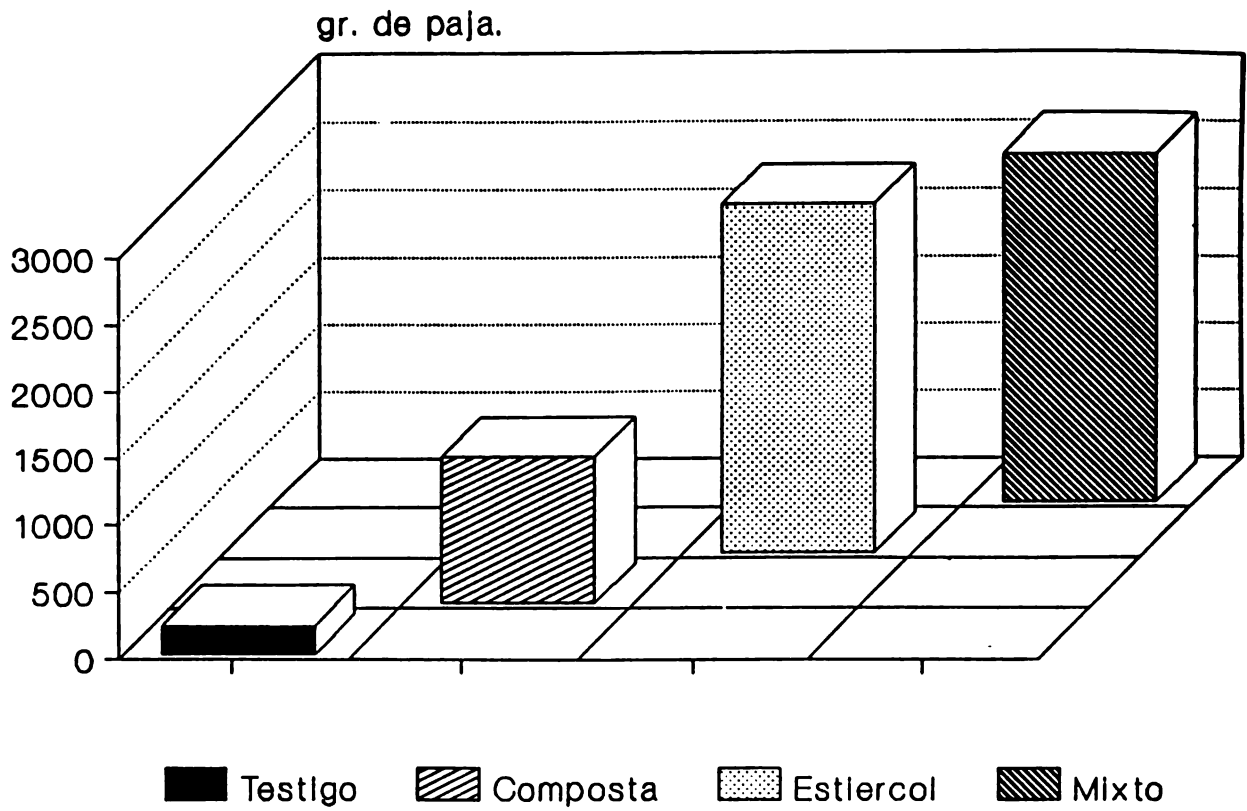


Figura 3. Peso seco de la paja del frijol.

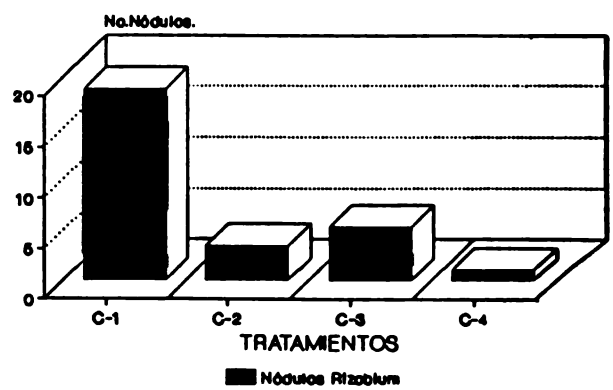
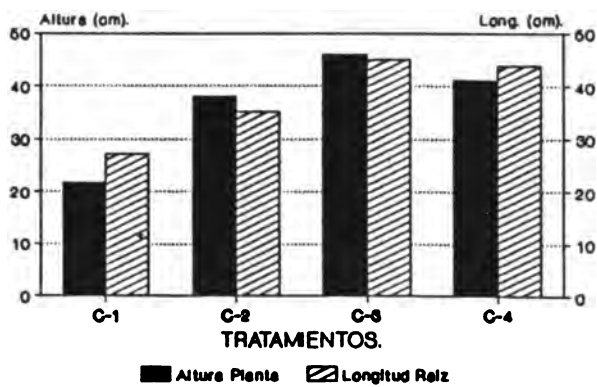


Figura 4. Aspectos fenológicos del frijol.

afectado por los tratamientos no sólo en el aspecto de nutrientes disponibles que evidentemente son mejores en los tratamientos C-III y C-IV según el comportamiento del parámetro, sino que en este comportamiento tienen una gran influencia las condiciones físicas del suelo, en las cuales se manifiestan fuertemente la influencia de los tratamientos en relación al testigo C-I, como se puede apreciar en el Cuadro 3.

En el caso del número de nódulos formados en las raíces del frijol, y que permiten la asimilación del nitrógeno atmosférico por la simbiosis que se presenta con el género de microorganismos *Rizobium* sp., se puede apreciar que el mayor número de nódulos se formó en el tratamiento C-I, que supera significativamente a los demás.

En este tratamiento, el tepetate, siendo el hábitat normal de los microorganismos del suelo, tiene mayores posibilidades de la presencia de éstos que los tratamientos donde se han colocado sobre el tepetate roturado materiales que mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, pero que no son el hábitat normal de los microorganismos, ya que los procesos de descomposición y fermentación de la composta y el estiércol presentan reacciones termofílicas que hacen desaparecer las poblaciones de organismos no resistentes a estos cambios (Nuñez, 1983).

Este comportamiento encontrado, es necesario profundizar en su estudio, ya que nos puede brindar respuestas que nos permitan tomar medidas como la inoculación del microorganismo al momento de implantación de las camas bio-intensivas o hacer su inoculación en el momento de la siembra del cultivo como se practica actualmente en muchas tecnologías en la producción de leguminosas en el mundo.

Otro de los aspectos en que puede evaluarse la influencia de los tratamientos empleados en la agricultura bio-intensiva es en las propiedades físicas y químicas de los suelos en que ésta es aplicada, y más significativa es su influencia cuando este tipo de agricultura es aplicada sobre un tepetate. En los cuadros 2 y 3 pueden apreciarse los efectos que se observan en estas propiedades en el tepetate tratado con los diferentes tratamientos estudiados en la experiencia, donde es apreciable la diferencia de todos los tratamientos en relación al testigo.

CUADRO 2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA ORGANICA SOBRE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS TEPETATES.

TRATAMIENTO	pH	C.E.	N.O. (%)	N.T. (%)	P ppm	K ppm	Fe ppm
TESTIGO	7.6	0.84	1.0	0.108	109	1303	8.1
COMPOSTA	7.7	1.37	1.7	0.195	165	1084	9.9
ESTIERCOL	8.4	1.67	5.7	0.228	218	4088	25.7
MIXTO	7.7	1.11	3.1	0.342	210	2147	13.4

CUADRO 3. INFLUENCIA DEL USO DE AGRICULTURA ORGANICA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN TEPETATE.

TRATAMIENTO	m 0.3	m 0.15	K	b	ARENA	LIMO	ARCILLA
	Og%	Og%	cm/h	g/cm ³	%	%	%
TESTIGO	31.80	19.84	12.95	1.26	55.3	30.3	14.4
COMPOSTA	32.08	20.15	38.04	1.16	54.6	28.7	16.7
ESTIERCOL	44.34	31.50	46.59	0.98	58.6	28.7	12.7
MIXTO	32.81	24.12	25.40	0.99	56.6	32.7	10.7

CONCLUSIONES

La aplicación del método bio-intensivo al tepetate permitió lograr una mejor respuesta de los componentes del redimiento en el cultivo del frijol Fior de Durazno en San Miguel Tlaixpan, teniendo la mejor adaptabilidad a este medio frente a los tratamientos con composta, estiércol y la mezcla de ambos componentes.

Las bondades del método se manifestaron en las propiedades físicas del suelo, logrando una buena respuesta en relación a la densidad aparente y la retención de humedad, lo cual le proporcionó beneficios al cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- Debouck, D. 1985. Morfología de la planta de frijol común. Conferencia. Frijol: Investigación y Producción. CIAT. pg. 7 -42.
- Jeavons, J. 1991. Cultivo bio-intensivo de alimentos: más alimentos en menos espacio. Ed. Ecology Action in the Mid- Peninsula. pg. 1-204.
- Ogden, S. 1983. Cultivo natural de las hortalizas. Guía práctica para obtener mayores cosechas. Ed. Diana. México. pg. 176-178.
- White, J. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. Conferencia. Frijol: Investigación y Producción. CIAT. pg. 43-60.

RESPUESTA DE LA PAPA A LA APLICACION DE BIOFERTILIZANTE AZOTOBACTER COMO ALTERNATIVA PARA LA FERTILIZACION NITROGENADA

Dr. José Feliciano Ruiz Figueroa, Dra. Esther Leal Serrate, T.A. Luis Torres Cedillo.
Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos y el
Instituto Superior Agrícola de Ciego de Avila Cuba. Departamento de Agronomía.

INTRODUCCION

La papa es una de las fuentes de alimentación más nutritivas que existen en el mundo según reportan diferentes anuarios estadísticos, y según Wolfe (1983) ocupa el cuarto lugar de importancia a nivel mundial. En la provincia de Ciego de Avila, Cuba, la superficie de siembra actual es del orden de las 2 000 ha con un rendimiento promedio de 23 t/ha para la papa consumo; es por ello que constituye un cultivo de importancia económica relevante en todo el país, ya que por sus niveles de producción es un rubro importante en la dieta alimentaria de la población.

Entre los factores que afectan al cultivo de la papa para la obtención de altos rendimientos, se encuentra la disposición de nutrientes en las cantidades necesarias, sin obviar, por supuesto, la relación que se establece con el resto de los factores del entorno en que la planta se desarrolla.

Es ampliamente conocida la importancia que tiene el nitrógeno para el cultivo de la papa, y que su efecto provoca gran desarrollo del follaje y con ello mayor superficie de asimilación, lo que constituye un requisito indispensable para lograr un buen rendimiento de tubérculos, por lo que este elemento debe estar oportunamente a disposición de la planta (Jacob y Wexhull, 1982).

Motivados por la carencia de este insumo y los altos gastos energéticos que implican su obtención, y considerando la importancia que tiene para el desarrollo de las plantas, es que se han iniciado estudios para observar la influencia de microorganismos fijadores de nitrógeno, entre ellos el azotobacter, sobre el rendimiento de la papa; con vistas a realizar la sustitución parcial o total del fertilizante nitrogenado, lo que implicaría un ahorro entre 240 a 300 t de este insumo sólo en la provincia de Ciego de Avila.

OBJETIVOS

Atendiendo a las premisas expuestas anteriormente, los objetivos del trabajo fueron:

1. Estudiar la influencia del azotobacter en el crecimiento y desarrollo del cultivo.
2. Evaluar la posibilidad de sustituir de forma total las aplicaciones de fertilizante nitrogenado en el cultivo de la papa.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se condujo en la provincia de Ciego de Avila, Cuba, sobre un suelo Ferralítico rojo compactado (Hernández y Col, 1975) pobre en sus contenidos de fósforo y rico en los contenidos de potasio, cuya caracterización de los valores promedios de algunas de sus propiedades químicas se exponen en el cuadro 1.

La caracterización de la región agroclimática ubicada a la zona experimental a los 21.5 °LN, con una altitud de 300 msnm y un clima tropical húmedo cuyos valores de las variables meteorológicas se exponen en el anexo 1, denominado climatograma de la región durante la campaña de siembra de la papa.

CUADRO 1. VALORES PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO.

Fósforo móvil (mg/100 g s.s)	2.83*
Potasio móvil (mg/100 g s.s)	26.62*
pH en KCl	6.04
Materia Orgánica (%)	2.04
Calcio (mg/100 g s.s)	7.90
Magnesio (mg/100 g s.s)	5.43

* Método Oniani

TRATAMIENTOS

CAMPO A

Aplicación del fertilizante nitrogenado a los 20 días
 Forma de aplicación:
 en banda y cultivo posterior. Dosis de nitrógeno aplicada: de 187 kg/ha.

CAMPO B

Aplicación del fertilizante nitrogenado a los 20 días
 Forma de aplicación:
 con la aspersión foliar. Dosis de nitrógeno aplicada: de 1.5 L/ha de azotob.

El área donde se realizó el experimento fue de 108 ha bajo el sistema de riego con máquinas de pivote central Fregat, por lo que para realizar todos los muestreos de suelo y planta se tomaron 25 puntos al azar en cada tercio de la máquina, y en cada uno de ellos se tomaron 5 repeticiones para incrementar el número de datos en el área.

Las labores de preparación de suelo y post-plantación se realizaron según lo establecido para el cultivo en las normas técnicas establecidas (MINAGRI NRAG 514, 1982).

La semilla utilizada fue de la variedad Desireé de reproducción nacional, calibre mediano (35 - 45 mm) con buenas condiciones de sanidad y certificada.

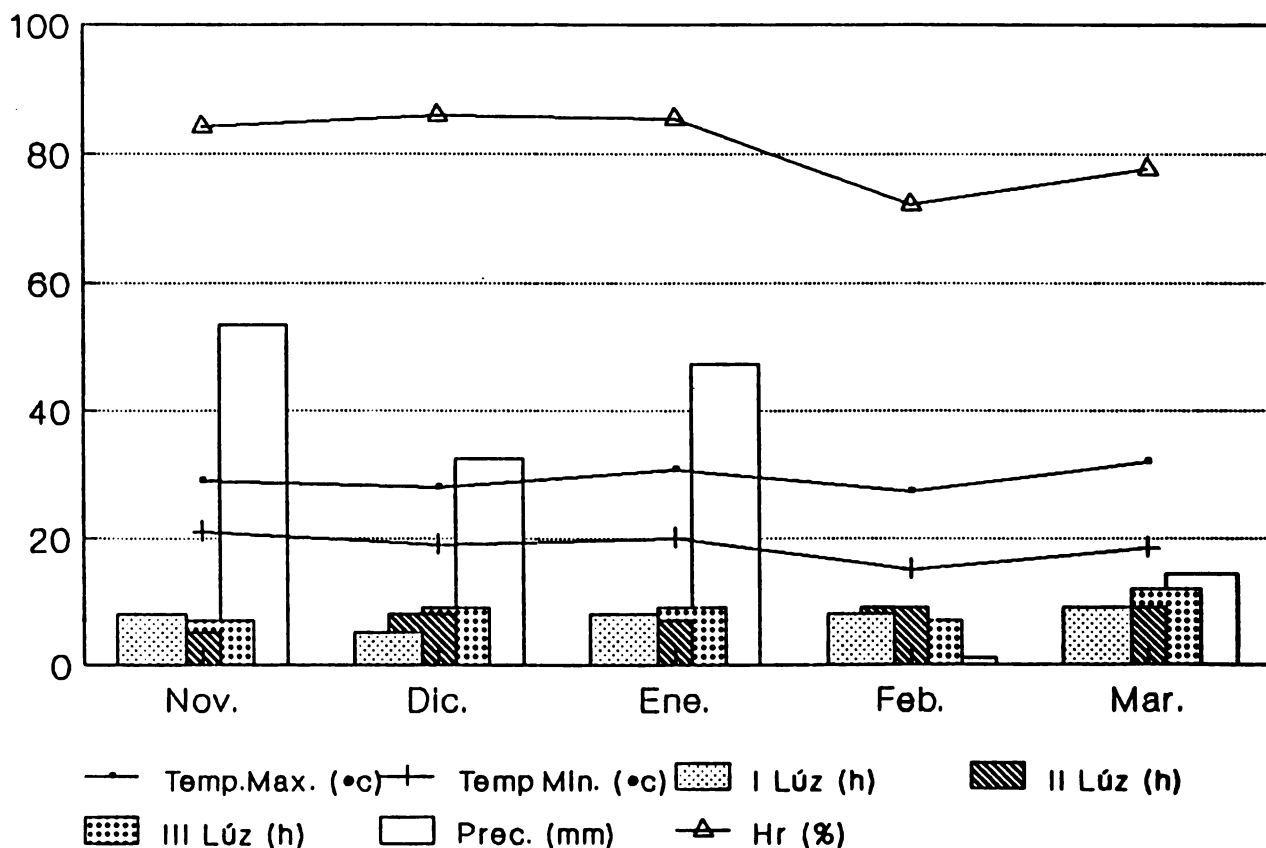
La fertilización potásica y fosfórica se realizó en el momento anterior a la siembra de fondo y para la aplicación del fertilizante nitrogenado se efectuaron los siguientes tratamientos:

EVALUACIONES REALIZADAS EN EL EXPERIMENTO

Se realizaron en el experimento las siguientes evaluaciones fenológicas y fisiológicas:

- Porcentaje de Emergencia de los brotes de papa: Evaluación realizada por conteo físico de las plantas a los 10 días posteriores a la siembra.

Climatograma de la campaña de papa 90-91



RESULTADOS OBTENIDOS

- **Cobertura foliar (%):** Se evaluó el % de cobertura foliar alcanzado por el cultivo en su ciclo de vida, con una frecuencia decenal a partir de los 30 días de la siembra y siguiendo la metodología establecida por el C.I.P. (1986).
- **Grado de Desarrollo Decenal (GDD) acumulado:** El GDD acumulado fue determinado en el ciclo de vida, teniendo en cuenta la incidencia de las temperaturas máximas y mínimas que incidieron en el desarrollo de la planta, y siguiendo el modelo propuesto por Rhue y col (1986).
- **Índice de Cosecha:** Se determinó el índice de cosecha atendiendo a la relación que se establece proporcionalmente en la materia seca de la planta hasta el final del ciclo de vida y para ser utilizado su valor en el estimado de los rendimientos, basados en el modelo de Heibronm y Mackerron (1986).
- **Pronóstico de rendimientos:** Se determinó la ecuación de regresión entre el rendimiento y el GDD acumulado para realizar el pronóstico, y además se realizó el estimado según método de Van der Zaag (1987) ajustado y adaptado a las condiciones de la región de estudio (Leal, 1991).
- **Rendimiento Real:** Se determinó el rendimiento real obtenido en cada campo experimental por pesaje directo en campo.

El % de emergencia de los brotes de papa no se vio afectado por los tratamientos, según puede apreciarse en la figura 1, lo que también ha sido encontrado por Beukema y Van der Zaag (1990), al respecto de que los factores predominantes en el proceso fisiológico de la ruptura de la latencia de las yemas del tubérculo y su desarrollo posterior son los factores internos del tubérculo semilla. Se obtuvo un valor promedio en los campos experimentales de 92.5 % de emergencia, lo que constituye un buen valor de población de plantas para áreas de producción.

El % de cobertura foliar que se muestra en la figura 2 para cada campo experimental, tiene un modelo de comportamiento que sigue las fases fisiológicas del cultivo con diferencias sustanciales entre el momento de inicio de las mediciones a los 30 días, coincidiendo con el cierre del campo, al momento de máximo desarrollo foliar a los 60 días y el momento de declinación del follaje alrededor de los 70-80 días, siendo estos tres puntos claves principales para lograr un alto rendimiento en el cultivo, teniendo en cuenta la relación directa del comportamiento de este parámetro y la cantidad de radiación interceptada por la planta que la convierte en materia seca, lo cual coincide con lo encontrado por Haverkort y Harris (1986).

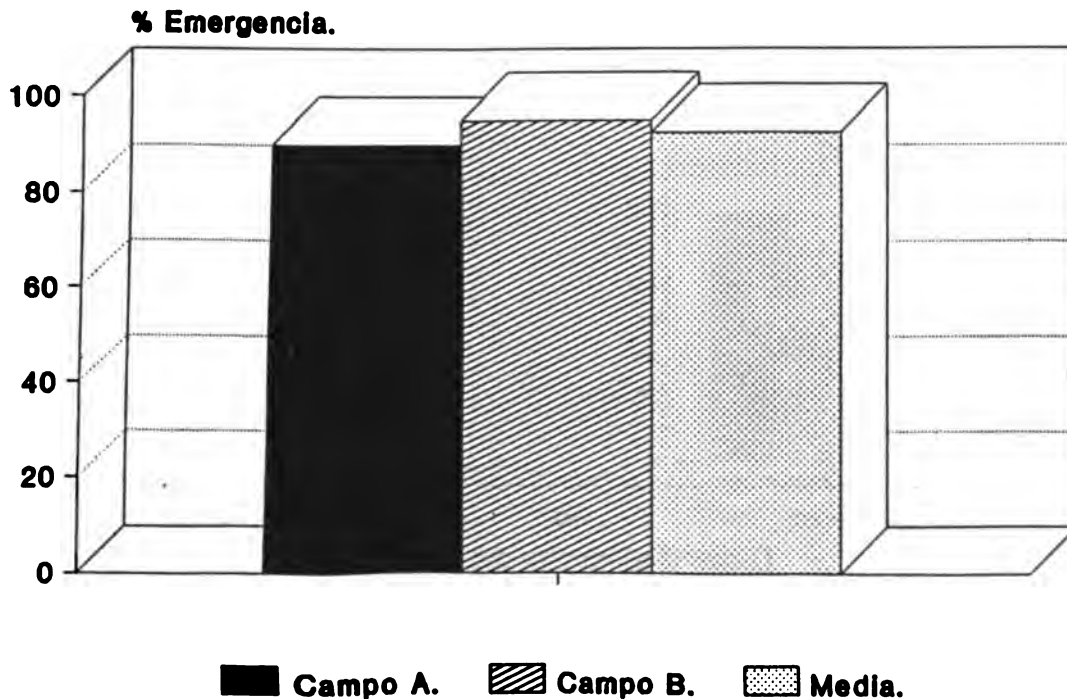


Figura 1. Emergencia de la papa con aplicación de azotobacter.

En la figura se aprecia que los mejores valores de la cobertura foliar se alcanzan para el campo B, que supera al campo A marcadamente en la etapa final del ciclo de vida, que coincide con la fase fisiológica de máximo engrosamiento del tubérculo, o por lo que la presencia del azotobacter, como organismo vivo en el sistema de entorno de desarrollo de la planta, facilita que la asimilación, desarrollo y duración fisiológica efectiva del follaje garantice un mejor rendimiento hasta el momento en que potencialmente la planta es capaz de sobrevivir en las condiciones limitantes del entorno climático en las condiciones de clima tropical (Van der Zaag y Horton, 1983).

Al realizar el análisis de los rendimientos estimados en función del comportamiento de la cobertura foliar y las variables meteorológicas incidentes en el método propuesto por Van der Zaag (1987) y adaptado y ajustado en las condiciones tropicales (Leal, 1991), podemos apreciar en el cuadro 2 que la producción estimada tiene diferencias en los campos experimentales, en lo que se pone de manifiesto la influencia de la aplicación del azotobacter, principalmente en las primeras fases de desarrollo de la planta hasta que ésta alcanza su máximo desarrollo vegetativo.

CUADRO 2 PRODUCCION ESTIMADA DE PAPA.

MESES (Dec)	PROD. NETA	CAMPO A		CAMPO B	
		% C.F.	PROD. ESTIM.	% C.F.	PROD. ESTIM.
Dic III	150.64	60	900.2	70	1050.0
Ene I	150.98	80	1207.8	90	1358.8
Ene II	150.98	90	1358.8	95	1425.4
Ene III	150.98	95	1434.3	100	1509.8
Feb I	160.22	55	881.2	70	1121.5
Feb II	160.22	30	480.6	50	801.1
TOTAL DE MATERIA			6262.9	7266.9	
INDICE DE COSECHA			0.8	0.8	
M.S. TUBERCULOS			5010.3	5813.5	
RDTO. ESTIMADO (t/ha)			25.1	29.1	

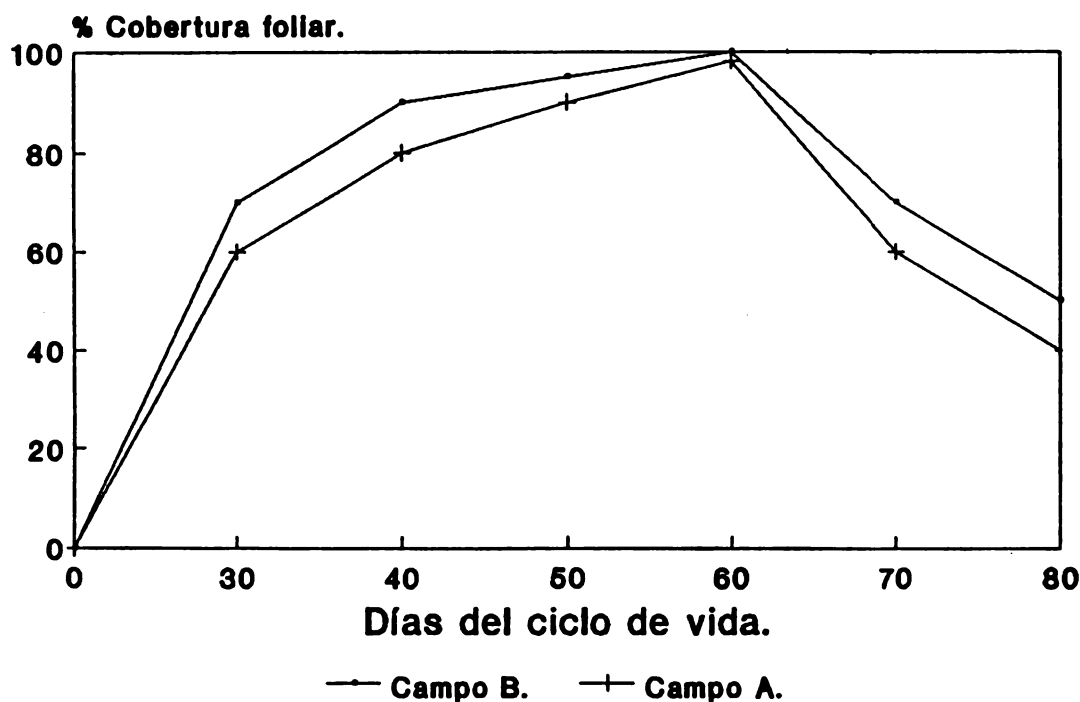


Figura 2. Comportamiento de la cobertura foliar en papa.

Cuando se realiza el análisis de eficiencia, tanto en planta como en el nivel tecnológico alcanzado en los campos experimentales basados en el rendimiento potencial que presenta el cultivo en las condiciones de la región de estudio, podemos apreciar en el cuadro 3 que las diferencias que se presentan en ambos campos, independientemente de los tratamientos utilizados, nos indican que las plantas no fueron todo lo eficientes potencialmente posible para la conversión de la radiación solar en materia seca útil, en lo cual tiene gran influencia las condiciones climáticas en que se desarrollan las

plantas, el potencial productivo y las características de la variedad, coincidiendo con lo planteado por Moll (1985).

Sin embargo al analizar la eficiencia del nivel tecnológico alcanzado, se aprecia que se presentaron deficiencias que producen una merma en el rendimiento y no facilitan que las plantas lleguen a su máximo potencial, lo cual puede ser subsanado aplicando con estricta vigilancia técnica las medidas técnicas - organizativas recomendadas para el cultivo.

CUADRO 3. RELACIONES DE EFICIENCIA EN EL CULTIVO.

CAMPO	EFICIENCIA	PLANTA	Dif.	EFICIENCIA	TECNOLOGIA (%)	
	Potencial				Real	Rto. Real	Rto. Estim.	% Ef.
A	83.5	61.0	22.5	18.3	25.05	73.0
B	96.8	74.2	22.6	22.3	29.06	76.0

El GDD acumulado y su relación con los rendimientos se exponen en la figura 3 donde se aprecia que en el caso del campo B logra un mayor valor del GDD acumulado, lo que tiene correspondencia con el rendimiento obtenido, coincidiendo con lo planteado por Thue y col (1986).

Al realizarse el análisis de esta relación entre el parámetro GDD acumulado y el rendimiento real

obtenido, se obtuvo la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = - 23.7314 + 0.299578 \quad x \quad r = 0.89141 \quad **$$

donde:

Y = Rendimiento (t/ha).

X = GDD acumulado en el ciclo de vida.

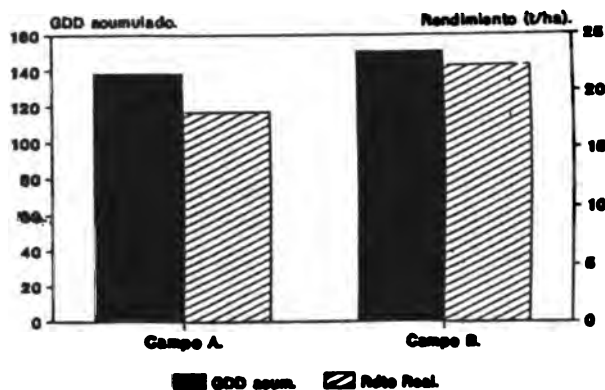
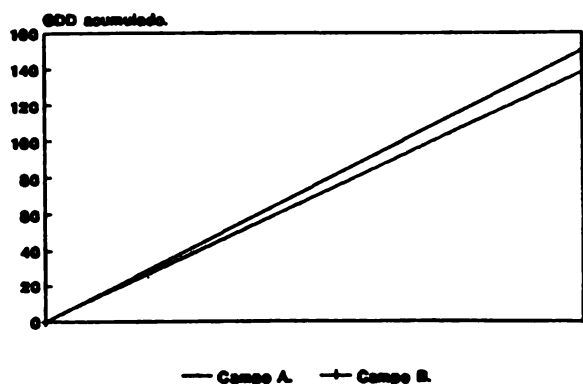


Figura 3. Relación rendimiento y GDD acumulado en papa.

Esta variable y su ecuación de regresión en función de la relación que se establece entre ambos parámetros, nos permite además hacer el análisis comparativo entre tratamientos, variedades, años diferentes de siembra y realizar el pronóstico de los rendimientos a alcanzar, el cual es altamente eficiente al analizar los valores de las áreas experimentales que se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4. RELACION ENTRE EL GDD ACUMULADO Y EL RENDIMIENTO.

CAMPO	GDD ACUM.	PRONOSTICO RDTO. (t/ha)	RENDIMIENTO REAL (t/ha)	EFFECTIVIDAD PRONOSTICO (%)
A	138.5	17.70	18.30	96.72
B	150.5	21.35	22.27	95.89

En cuanto al análisis del rendimiento real entre los tratamientos estudiados, se presentan diferencias significativas, manifestando los mejores valores el campo B de aplicación de azotobacter, ya que se evidenció la influencia favorable que tiene sobre el cultivo en diferentes componentes determinantes de los rendimientos.

CONCLUSIONES

La aplicación de azotobacter es efectiva en el cultivo de la papa, pues favorece los parámetros del crecimiento, desarrollo y rendimientos; y puede ser considerada como sustitutivo total del fertilizante nitrogenado, permitiendo un ahorro de insumos y la obtención de cosechas de alta calidad al disminuir los contenidos de nitratos en los tubérculos por la no aplicación del fertilizante mineral.

BIBLIOGRAFIA

- Beukema, H.P. y D. E. Van der Zaag. 1990. Introducción to potato production. Pudoc. Wageningen. The Netherlands. pg. 1- 208.
- C.I.P. 1986. Método sencillo para interpretar el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa. Circular. Vol 14 (1). Marzo. pg. 1 - 3.
- Haverkort, A.J y P. M. Haarris. 1986. Conversion coefficients between intercepted solar radiation and tuber yield of potato crops under tropical highland conditions. Potato Research. Vol. 29. pg. 529 - 533.
- Jacob, A. y W. Wexhull. 1982. Estudio de distintas formas nitrogenadas y su fraccionamiento sobre el rendimiento. Ciencia y Técnica de la Agricultura. Suelos y Agroquímica. Vol. 5 (1-2). Junio. pg. 1-10.
- Leal, Esther. 1991. Comportamiento de la papa variedad Desireé nacional para consumo frente a la relación entre el riego, la fertilización y la densidad de población para lograr mejores opciones agroeconómicas. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. ISACA. Cuba. pg. 1-150.
- Mackerron, D.K.L y T.D. Heilbronn. 1985. A method for estimating harvest indices for use in surreys of potato crops. Potato Research. Vol. 28. pg. 279-282.
- Moll, A. 1985. Der Einfluss des physiologischen Alters der Pflanzknollen auf die Ertragsbildung von Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit. Potato Research. Vol. 28. pg. 233-250.
- Rhue, R.D.; D. R. Hensel y G. Kidder. 1986. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentration of potato growth on a sandy soil. American Potato Journal. Vol. 63. No. 12. pg. 665-682.
- Van der Zaag, D.E. y D. Horton. 1983. Potato production and utilization in world perspective with special reference to the tropics and subtropics. Potato Research. Vol. 26:323-362.
- Van der Zaag, D.E. 1987. Some useful calculations regarding the potato crop. International Potato Course. Wageningen. The Netherlands. pg. 1-35.
- Wolfe, Jennifer. 1987. The potato in the human diet. Cambridge. University Press. United Kingdom. pg. 231.

EVALUACION DE LA FERTILIZACION ORGANICA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LECHUGA EN SUELOS FERRALITICOS DE CUBA

Dr. Jose Feliciano Ruiz Figueroa, Dra. Esther Leal Serrate, T.A. Luis Torres Cedillo
Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos y el
Instituto Superior Agrícola de Ciego de Avila, Cuba, Departamento de Agronomía

INTRODUCCION

El cultivo de la lechuga ocupa un lugar importante dentro de la producción hortícola por sus características de crecimiento, ciclo de vida corto y aportador de vitaminas y minerales frescos dentro de la dieta alimentaria.

Un aspecto importante a tener en consideración para alcanzar un buen rendimiento en el cultivo es, dentro de otros no menos importantes, garantizarle un buen abastecimiento de elementos nutrientes en el medio en que se desarrolla, con vistas a que la planta los tenga a su disposición y los convierta en material útil al hombre en su alimentación.

Para garantizar estos abastecimientos de nutrientes, tradicionalmente el hombre ha empleado la fertilización mineral, pero en el presente estudio se hizo uso de la fertilización orgánica como sustitutivo total de la fertilización mineral, para aprovechar también las bondades que presenta este tipo de fertilización con relación en las características físico-químicas del suelo, su conservación y la calidad del producto a cosechar, reflejada por los valores de extracción de elementos nutrientes naturales que realizó el cultivo.

OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente trabajo fueron:

1. Evaluar la efectividad de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo como sustituto total de la fertilización mineral.
2. Hacer un análisis económico de los costos de producción del cultivo de la lechuga bajo condiciones de agricultura bio-intensiva.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se condujo en la provincia de Ciego de Avila, Cuba, situada a los 21.5 °LN, con

una altitud de 300 msnm; un clima tropical húmedo que presenta un promedio de 1 300 mm de lluvias anuales distribuidos en una época de seca comprendida entre noviembre y marzo y una época de lluvias comprendida entre abril y octubre. La temperatura media anual es de 26.5 °C con poca oscilación entre las temperaturas medias mensuales, y un relieve llano, con predominio de suelos Ferralíticos rojos compactados (Hernández y col, 1975) dedicados a las labores agrícolas por tener buena productividad y buen abasto de agua de calidad para el riego.

El suelo en que se montó el experimento es típico de la región de Ciego de Avila y está clasificado como Ferralítico rojo compactado típico, según la clasificación genética de los suelos de Cuba, realizada por la Academia de Ciencias de Cuba.

La caracterización del suelo en el que se llevó a cabo el experimento se presentan en el Cuadro 1, de acuerdo con algunas de sus propiedades químicas.

CUADRO 1. CARACTERIZACION DEL SUELO.

Fósforo móvil (mg/100 g s.s)	2.88*
Potasio móvil (mg/100 g s.s)	28.02*
pH en KC1	6.02
Materia orgánica (%)	2.10
Calcio (mg/100 g s.s)	7.90
Magnesio (mg/100 g s.s)	5.40

* Método de Oniani.

PREPARACION DE LA COMPOSTA

La composta aplicada en el experimento se elaboró a partir de restos de cosecha de maíz como material seco (60%), 30% de material verde *Sorghum halepense*, 10% de estiércol bovino y 10% de suelo; para aplicar 1 m³ de composta para cada cama bio-intensiva, preparada por el método de simple excavación (Jeavons, 1991).

La caracterización de las propiedades evaluadas de la composta realizada al momento de su aplicación se muestra en el Cuadro 2.

CUADRO 2. CARACTERIZACION DE LA COMPOSTA.

Materia seca (%)	46.58
Nitrógeno	1.74
Fósforo	0.45
Potasio	0.65
Calcio	3.57
Magnesio	0.83

Como puede apreciarse, los contenidos alcanzados por la composta después de su proceso de descomposición tienen un elevado valor de la relación C/N, y las cantidades de Calcio y Magnesio están por encima de las extracciones del cultivo para estos elementos (Guenkov, 1965).

PREPARACION DE LAS CAMAS BIO-INTENSIVAS

Las camas bio-intensivas fueron marcadas y diseñadas con una longitud de 6.5 m y una anchura de 1.5 m para un área total de 10m², considerando un espaciamiento entre camas de 25 cm para permitir las labores de preparación y movimiento del personal.

Se llevó a cabo un excavado simple en cada cama bio-intensiva para lograr mover el suelo hasta una profundidad de 30 cm, ya que el cultivo a establecer tiene un desarrollo del sistema radical superficial comprendido entre los primeros 10 - 15 cm del suelo (Huerres, 1990).

Después de realizar la preparación de las camas se efectuó la fertilización con la composta a razón de 1 m³ de la misma por cama bio-intensiva.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental en bloques al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones, para comparar el sistema de fertilización mineral con el sistema bio-intensivo.

Se realizó la siembra de forma manual con plántulas de lechuga, y las atenciones culturales se realizaron siguiendo las orientaciones para el

cultivo, establecidas en las normas ramales de la agricultura en Cuba (NRAG 114, 1986) y lo establecido para el cultivo intensivo hortícola según Ogden (1983).

EVALUACIONES REALIZADAS EN EL EXPERIMENTO

Se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones fenológicas, fisiológicas, rendimientos y calidad del producto a cosechar.

- Materia seca y verde en los órganos de la planta.
- Longitud del sistema radical y las hojas.
- Número de hojas desarrolladas (comerciales).
- Rendimiento real y proyectado.
- Extracción de elementos nutrientes (N,P,K, Ca,Mg).

RESULTADOS OBTENIDOS

En la Figura 1 se muestra el efecto de la composta sobre el contenido de materia verde y seca en los órganos de la planta de lechuga, y se aprecia que se presentan diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, manifestándose los mejores valores para los tratamientos con composta en el contenido de materia verde, sin embargo, para el caso de la materia seca, los valores en el follaje disminuyen significativamente, ya que la retención de agua en los tejidos es mayor cuando la planta está sometida a tratamiento con composta, siendo esta característica favorable para los rendimientos y la calidad del producto a cosechar. (Guenkov, 1965; Huerres, 1990).

Para los parámetros de crecimiento evaluados en el desarrollo de las fases fenológicas y fisiológicas del cultivo, se observan en la Figura 2 que la longitud de las hojas y el sistema radical, así como el número de hojas desarrolladas tuvo una mejor respuesta en el tratamiento bio-intensivo. Este comportamiento del crecimiento y desarrollo de las fases fisiológicas de la planta se ve reflejado en el rendimiento final alcanzado, que como se observa en la Figura 3, el método bio-intensivo triplica los valores alcanzados por el sistema de fertilización mineral, lo que nos corrobora lo planteado por Huerres (1990) al respecto de la respuesta positiva de las hortalizas a la fertilización orgánica; además, en la figura también se exponen los valores de la extracción de elementos nutrientes realizada por la planta hasta el final de su ciclo de vida o momento de la cosecha, en el que se observa mejores valores para el tratamiento

bio-intensivo por lo que la calidad del producto a cosechar, valorada desde el punto de vista de su exportación y cantidades que cede en la dieta alimentaria de la población, es superior a la alcanzada por el sistema de fertilización mineral.

En el Cuadro 3 se muestran los valores del análisis económico realizado al sistema bio-intensivo, y se puede apreciar que a pesar de ser una tecnología que requiere de mano de obra para la realización de las prácticas, preparación de las compostas y camas bio-intensivas y la realización de todas las actividades de cultivo de forma manual, la racionalización de recursos que produce y los beneficios que aporta desde el punto de vista agronómico de la relación suelo-planta y económico, permite llegar a obtener utilidades económicas para el productor.

CUADRO 3. ANALISIS ECONOMICO DEL SISTEMA BIO-INTENSIVO.

PARTIDAS DE COSTO	VALOR (miles de \$)
Preparación de camas	50.00
Preparación de composta	86.50
Labores culturales	25.00
Mano de Obra	181.50
Cosecha	50.00
COSTO TOTAL	393.00
PRECIO (\$/tonelada)	1000.00
RENDIMIENTO (t/ha)	45.03
INGRESOS	2812.50
UTILIDADES	2426.00

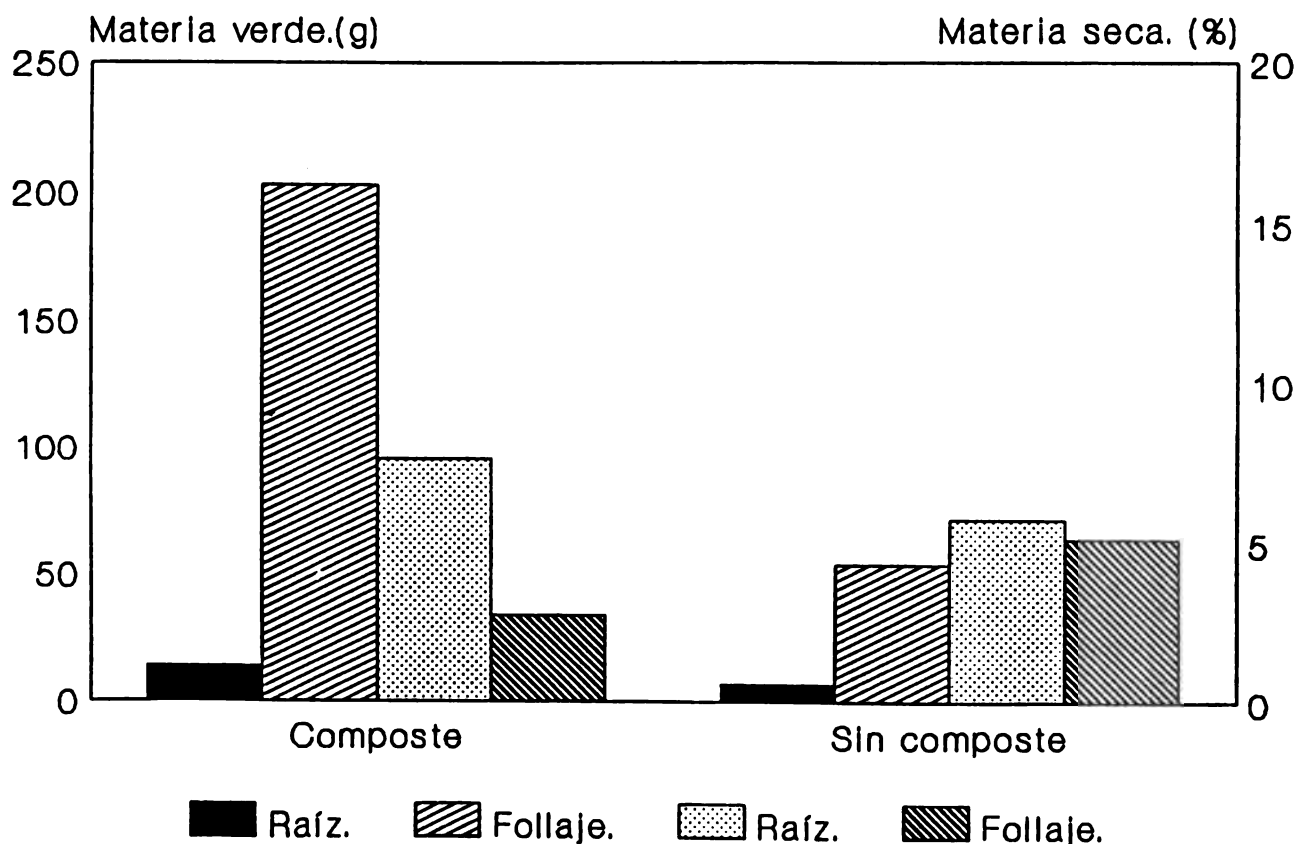


Figura 1. Efecto de la composta en la distribución de la materia seca y verde en lechuga

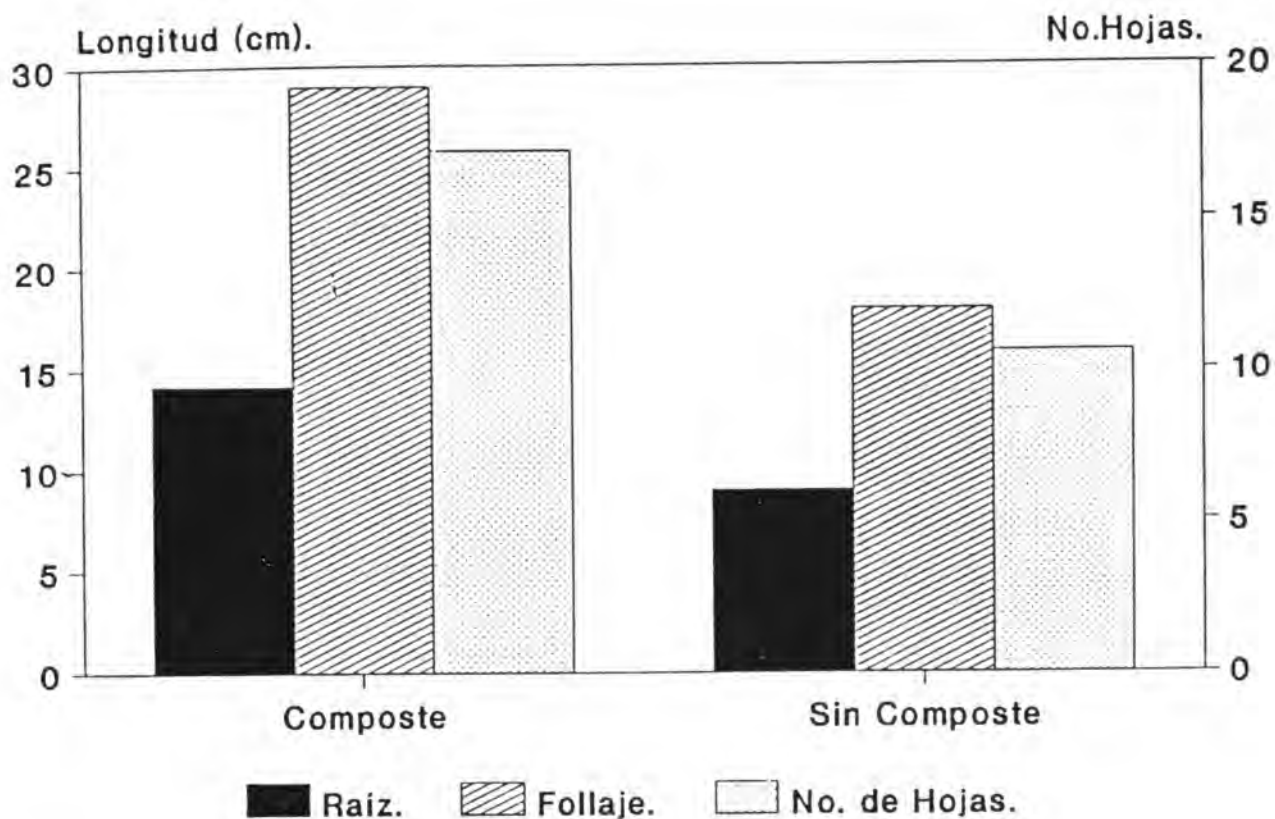


Figura 2. Efecto sobre el crecimiento de lechuga.

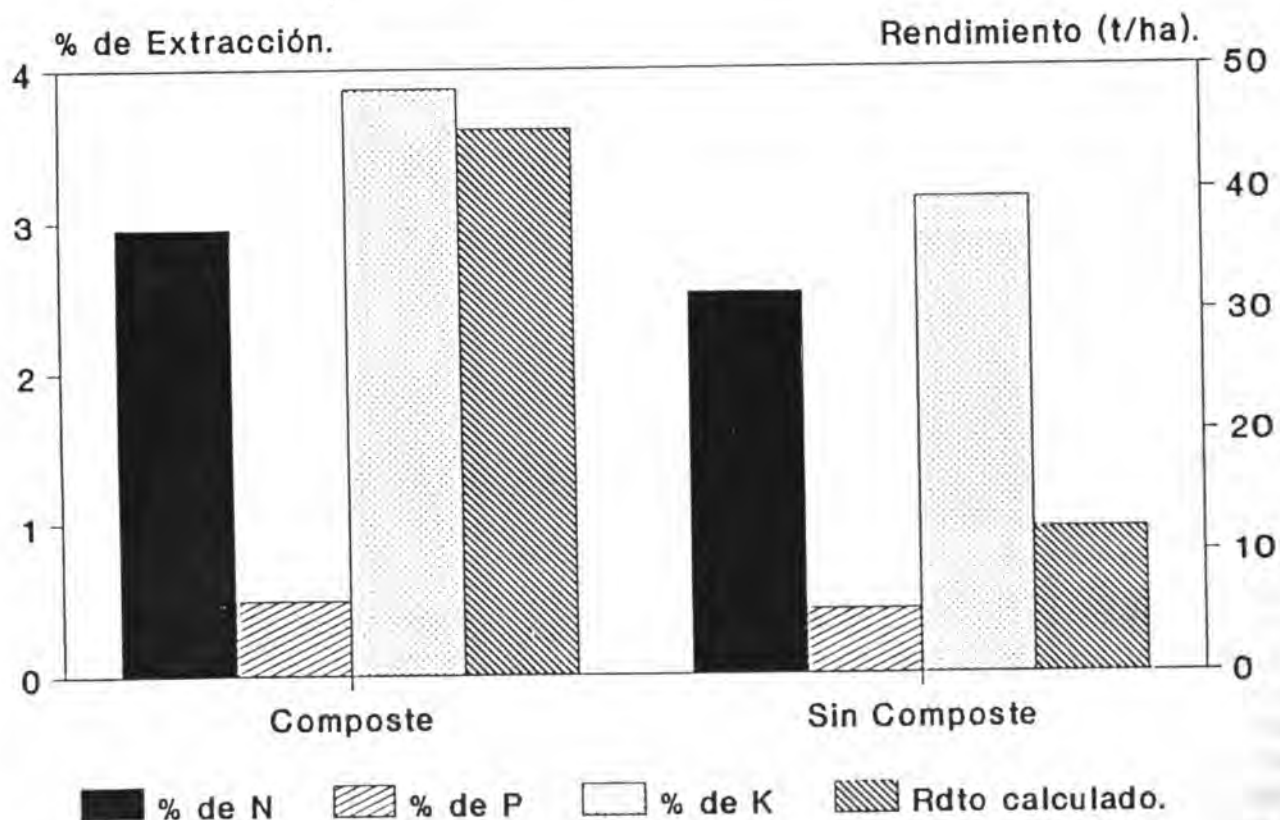


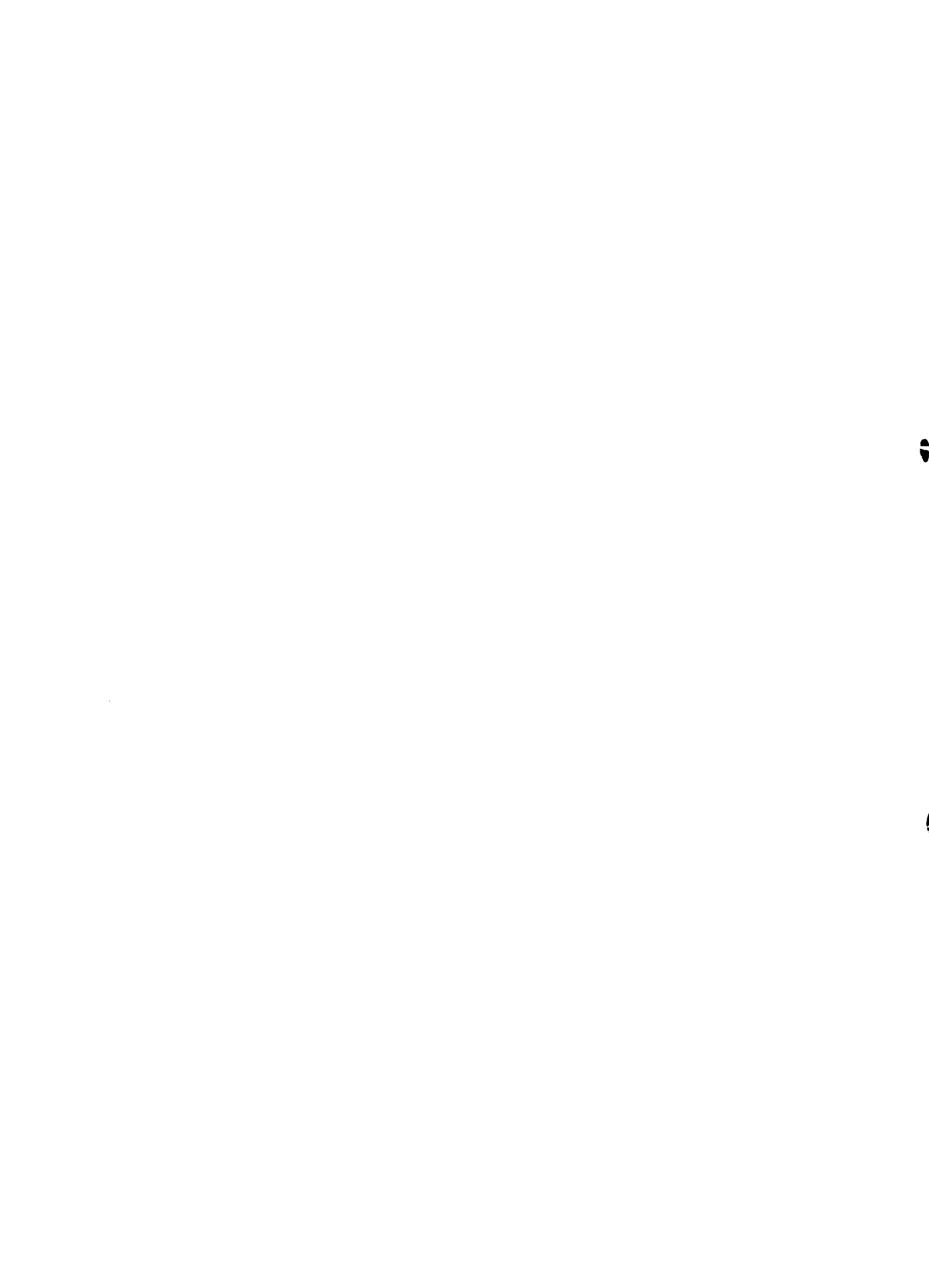
Figura 3. Efecto sobre el rendimiento y extracción de elementos nutrientes en lechuga.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se infiere que la utilización de la composta, como sustituto de la fertilización mineral, garantiza un incremento de los rendimientos superior al aplicar la agricultura orgánica en comparación con la agricultura tradicional, permitiendo además el logro de utilidades de \$2 426.000.00 con el uso del método bio-intensivo para este cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- Hernández, A y colaboradores. 1975. Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Serie Suelos (23). pg. 25.
- Huerres, Consuelo. 1990. Cultivo de hortalizas en Cuba. Ed. Pueblo y Educación. pg. 1-208.
- Jeavons, J. 1991. Cultivo bio-intensivo de alimentos: más alimentos en menos espacio. Ed. Ecology Action of the Mid-Peninsula. pg. 1-204.
- Guekiv, G. 1965. Cultivos horticolas. Ed. Pueblo y Educación. pg. 1-268.
- Ogden, S. 1983. Cultivo natural de las hortalizas. Guía de práctica para obtener las mejores cosechas. Ed. Diana. México. pg. 176-178.
- Minagri Nrag 114. 1986. Normas Técnicas para el cultivo de hortalizas.



OPCION ALTERNA DE CONTROL DE LA "DORMILONA" (*Fusarium culmorum*) DEL CLAVEL MEDIANTE LA NUTRICION NITROGENADA.

Joaquin Murguía González, Ma. de Lourdes de la I. de Bauer, Seiji Osada Kawasoe y Juan Velázquez Mendoza.

RESUMEN

En la región de Villa Guerrero, Edo. de México, el cultivo del clavel es muy afectado por la enfermedad llamada "La Dormilona" causada, aparentemente, por diversas especies de *Fusarium*. Esta enfermedad llega a ocasionar hasta 40% de mortalidad durante los períodos más lluviosos.

Dada la importancia de la enfermedad en la zona florícola mencionada, y con el propósito de buscar soluciones alternativas al uso de fungicidas se ensayó, bajo condiciones de invernadero y mediante un sistema de cultivo hidropónico, el efecto que puede tener el nitrógeno (nitrato de calcio) en la patogenicidad de *Fusarium culmorum* en clavel.

Los resultados indicaron que la mayor severidad de la enfermedad se presentó conforme se elevó el nivel de nitrato de calcio; esto reflejó al mismo tiempo una disminución en el número de brotes, incremento de peso seco de tallo y hojas, y mayor contenido de nitrógeno en tejido de tallo y hojas.

Por otro lado, en los niveles más bajos de nitrato de calcio se presentó un efecto fungistático hacia el patógeno y se elevó el contenido de fósforo y potasio de las hojas.

INTRODUCCION

En la región de Villa Guerrero, Edo. de México, el cultivo de clavel es afectado por la enfermedad llamada "La Dormilona" cuyo principal agente causal ha sido identificado como *Fusarium roseum* Lk. Snyder y Hansen, aunque otras especies del género han sido mencionadas (Nuñez 1978, Pegg, 1981).

Este hongo se establece en el xilema provocando pudrición interna del tallo y consecuentemente marchitez y muerte lenta de la planta (Nuñez, 1978). Se estima que puede causar hasta 40% de mortalidad en plantas durante los períodos más lluviosos.

Las prácticas fitosanitarias, deficientes para evitar la enfermedad, empleadas por parte de los productores, así como el uso de esquejes infectados para la siembra, han incrementado en forma alarmante la incidencia de la enfermedad, en la zona mencionada, en los últimos años.

En adición a esto, al haberse encuestado a los productores durante esta investigación, manifestaron que aunque han usado variedades resistentes y han aplicado diversos fungicidas, no han logrado un control efectivo.

Al parecer una alternativa para el control de este tipo de enfermedades, es manejar los niveles nutrimentales de la planta, ya que la expresión de síntomas en cualquier cultivo por efecto de las toxinas producidas por diversas especies de *Fusarium* depende en parte de la fertilidad del suelo y de la nutrición de la planta (Engelhard, 1990). Así también, las fuentes de nitrógeno como son: aminoácidos, proteínas, urea, compuestos de nitrato y amonio y la falta de fuentes de carbono como pectinas o celulosa, activan los mecanismos de síntesis de enzimas que intervienen en la habilidad parasítica del hongo (Nelson *et al.*, 1981).

En otro orden de ideas, desde el punto de vista ecológico, el controlar las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en las plantas mediante el manejo eficiente de los nutrimentos es más aceptable que el uso de fungicidas, aunque esta medida no es inocua (Conway y Pretty, 1991).

Al respecto, la revisión cuidadosa de la bibliografía mexicana mostró que en clavel no se han realizado experimentos relativos a la influencia de la fertilización sobre la severidad de las enfermedades.

Lo anterior, aunado a la importancia de la enfermedad, motivó a realizar esta investigación con el objeto principal de conocer en condiciones de invernadero y mediante el sistema de cultivo hidropónico por subirrigación, el efecto que puede tener el nitrógeno $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en la patogénesis de "La Dormilona" en plantas de clavel, y la repercusión en el desarrollo de éstas.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se inició en julio de 1991 y concluyó en diciembre de 1991; se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados en Chapingo, México.

Inicialmente se realizaron pruebas de patogenicidad en plantas de clavel cv. "Palance Orange" cultivadas en macetas con suelo e inoculadas con colonias puras de *Fusarium* sp. aisladas de plantas de clavel enfermas de Villa Guerrero, Méx.: la inoculación fue mediante la inserción de dos discos de papa-dextrosa-agar (PDA) con crecimiento del hongo en una herida en forma de bisel en la base del tallo; mes y medio después de la inoculación se manifestaron síntomas iniciales de marchitez, se aisló y verificó la patogenicidad de *Fusarium* sp. la cual resultó positiva en todos los casos.

El experimento se estableció en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y nueve tratamientos que fueron 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 meq l⁻¹ de Ca(NO₃)₂ más un testigo sin inocular de 12 meq l⁻¹ de Ca(NO₃)₂; la unidad experimental fue una maceta de plástico (3 litros de sustrato tezontle negro con una granulometría de 10 mm de diámetro) y dos plantas por maceta. La solución nutritiva para todos los tratamientos fue la solución 1, macro y micronutrientes de Hewitt y Smith (1975) con balance nutricional N:P:K:Ca:Mg= 3:1:1:2:0:0.75. En plantas de clavel cv. "Dark Lena" de un mes de trasplantadas e irrigadas con los tratamientos se inculó la cepa de *Fusarium* sp. La inoculación fue de la misma forma que en las pruebas de patogenicidad; los riegos fueron diariamente dos veces, de 8 a 10 h y de 12 a 14 h de acuerdo a las condiciones ambientales; las soluciones nutritivas preparadas con agua destilada fueron ajustadas diariamente a un pH de 5.5 y se cambiaron semanalmente. Tres meses después de la inoculación se evaluó severidad en la escala de 1 a 5 descrita por Nuñez (1978), donde 1 es pudrición basal muy superficial y 5 es pudrición basal extendida a más de 4.0 cm; además se tomaron datos de altura de planta, número de entrenudos, número de brotes, número de botones florales y flores, grosor de tallo, peso seco (en estufa 70°C, 72h) de hojas y tallo, contenido total de nitrógeno, fósforo y potasio en tejidos de tallo y hojas.

RESULTADOS Y DISCUSION

La severidad de la enfermedad (Figura 1 y Cuadro 1) se incrementó a medida que aumentaron los

niveles de Ca(NO₃)₂. Resultados similares reportó Stack *et al* (1986). Al infectar el patógeno, que fue identificado como *F. culmorum* W.G. Smith de acuerdo con la clave de Booth (1971), y después al establecerse en el xilema requirió de nitratos y aminoácidos que normalmente fluyen por el xilema tal y como lo señala Nelson *et al* (1981), al mismo tiempo que el hongo se nutrió, hubo invasión de vasos por micelio, formación de tilides en los vasos y acumulación de enzimas y toxinas como lo menciona Pegg (1981); todo esto influyó en el avance de la pudrición interna del tallo.

La altura menor de la planta se presentó a 1, 2 y 4 meq l⁻¹ de Ca(NO₃)₂ (Cuadro 1), esto pudo haber sido por el efecto mismo del escaso nitrógeno aplicado y no por el patógeno que tuvo poco avance. El patógeno sí influyó en la altura y en las demás variables agronómicas, porque en el tratamiento 5 se aplicó el mismo nivel de Ca(NO₃)₂ que en el tratamiento 9 que fue el testigo sin inocular, hubo menor altura, menor número de entrenudos, menor número de brotes, menor número de flores y menor grosor de tallo en el tratamiento inoculado con respecto al no inoculado.

El peso seco de tallos y hojas (Cuadro 1 y Figura 2) fue mayor conforme aumentó el nivel de Ca(NO₃)₂ aplicado, quizás debido a que a los tres meses cuando se hizo la evaluación todavía no estaban dañados el total de los vasos del xilema, si la evaluación hubiera sido seis o nueve meses después probablemente hubiera sucedido lo inverso. El peso seco de brotes, botones florales y flores fue incluido dentro del peso seco del tallo, por ser pesos bastante pequeños.

El hongo sí influyó en la absorción y asimilación de los nitratos por la planta, porque el testigo no inoculado tuvo más peso seco de hojas y tallo que el tratamiento 5 infectado, ambos tenían el mismo nivel de Ca(NO₃)₂ abastecido; seguramente la infección no permitió un metabolismo normal a las plantas al estar tratando de resistir física y bioquímicamente el ataque del patógeno, consecuentemente la raíz no absorbió en su totalidad los nutrientes.

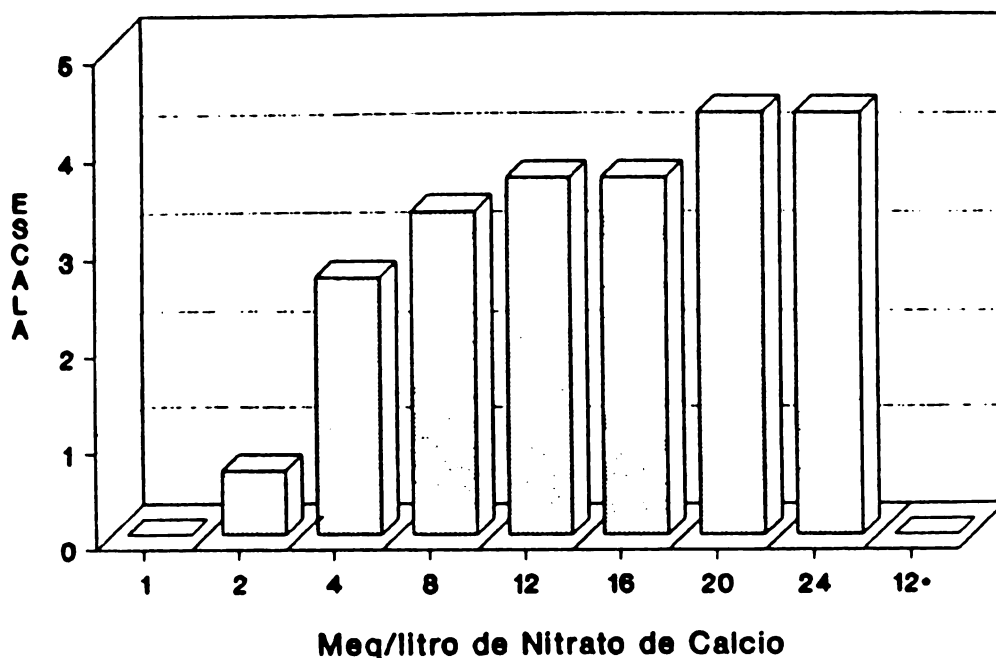


Fig. 1. Severidad causada por *Fusarium culmorum* W.G. Smith en plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. * = Testigo sin inocular. Chapingo, México 1991.

Cuadro 1. Media de los valores de severidad de la enfermedad (escala 1-5), y características agronómicas evaluadas en plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. Chapingo, México. 1991.

Tratamiento	Nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ meq-1	Severidad enfermedad 1-5	Altura planta cm	Número de entrenudos	Número de brotes	Número botones florales	Número de flores	Grosor tallo cm	Peso seco tallo g	Peso seco hojas g	Peso seco total g
1	1	0.00 ^x	55.66 ^b	18.67 ^z	1.50 ^b	1.33	0.00	0.66	3.38 ^b	4.00 ^c	7.38 ^c
2	2	0.66 ^{abc}	64.00 ^{ab}	18.33	7.66 ^a	1.00	0.00	0.69	4.50 ^b	5.70 ^{bc}	10.20 ^{bc}
3	4	2.66 ^{ab}	63.00 ^{ab}	18.00	9.16 ^a	0.33	0.66	0.75	5.40 ^a	7.65 ^{ab}	13.50 ^{ab}
4	8	3.33 ^a	69.00 ^a	19.00	9.00 ^a	0.66	1.00	0.70	5.43 ^a	8.26 ^{ab}	13.70 ^{ab}
5	12	3.66 ^a	66.00 ^a	18.67	8.83 ^a	0.33	1.00	0.76	6.21 ^a	8.12 ^{ab}	14.34 ^{ab}
6	16	3.66 ^a	65.66 ^a	20.33	10.33 ^a	0.33	0.66	0.67	6.08 ^a	8.36 ^{ab}	14.45 ^{ab}
7	20	4.33 ^a	67.00 ^a	18.00	9.00 ^a	0.33	0.66	0.61	5.28 ^{ab}	8.80 ^{ab}	14.04 ^{ab}
8	24	4.33 ^a	68.00 ^a	19.33	8.33 ^a	0.00	0.33	0.66	0.38 ^a	9.45 ^a	15.83 ^a
9*	12	0.00 ^c	69.00 ^a	21.67	11.83 ^a	0.00	2.00	0.77	6.36 ^a	8.39 ^{ab}	14.76 ^{ab}

x: Testigo sin inocular.

y: Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (prueba de Tukey).

z: Las columnas que no incluyen letras, no presentaron diferencias estadísticamente entre medias.

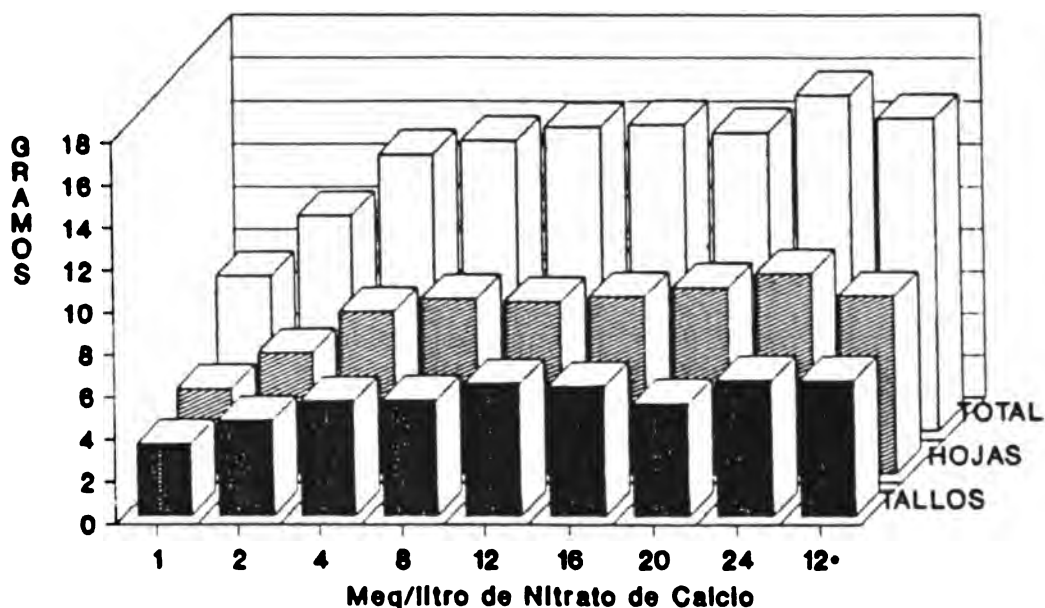


Fig. 2. Peso seco de hojas, tallo y total en plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. * = Testigo sin inocular. Chapingo, México. 1991.

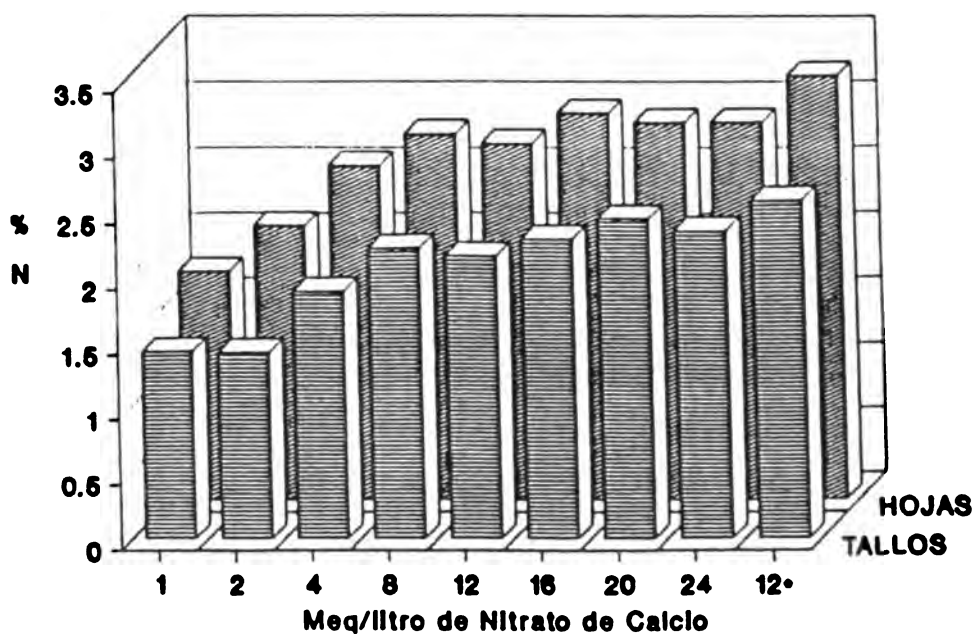


Fig. 3. Contenido en % de nitrógeno total en hojas y tallos de plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. * = Testigo sin inocular. Chapingo, México. 1991.

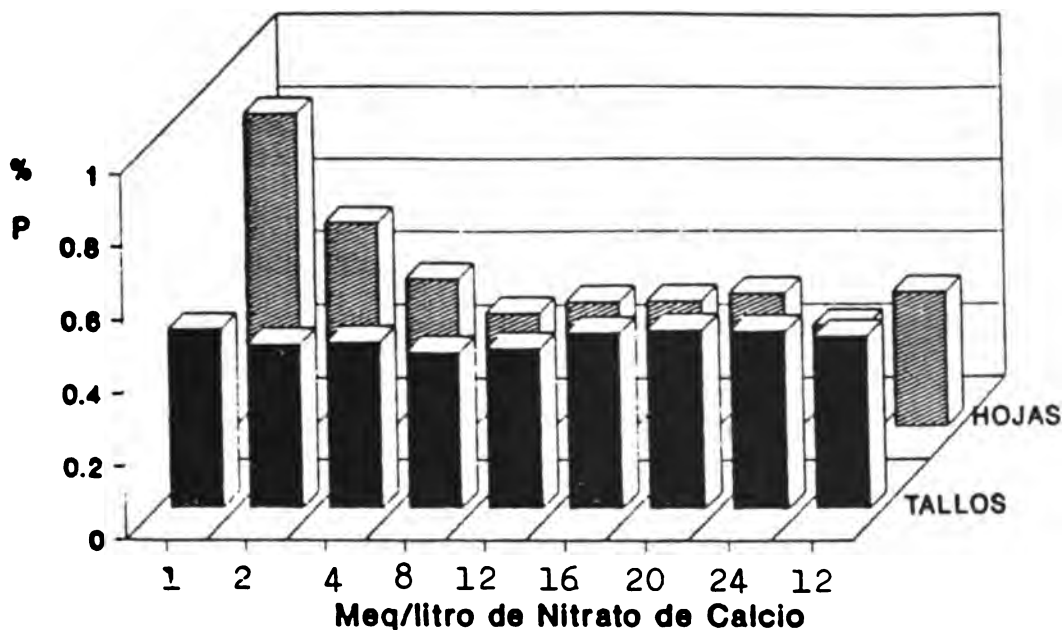


Fig. 4. Contenido en % de fósforo total en hojas y tallos de plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. * = Testigo sin inocular. Chapingo, México. 1991.

El porcentaje de nitrógeno (N) contenido en tallos y hojas aumentó conforme se elevó el nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aplicado (Figura 3), al igual que la severidad (Cuadro 2); si se comparan los valores de N obtenidos en el experimento con los mencionados por Benton *et al* (1991) (3.20-5.20%), se puede comprobar que el testigo tuvo un contenido normal de N en hojas, pero los tratamientos 6, 7 y 8 lo tuvieron bajo, y en los tratamientos del 1 al 5 fue deficiente; a pesar de que se aplicó un exceso de nitrógeno en los últimos tratamientos, no se absorbió gran parte de éste y además no se translocaron por la oclusión del xilema a causa del patógeno, no llegando finalmente a las hojas, lo que dio como resultado un bajo porcentaje de N. Los nitratos y otros compuestos nitrogenados no llegaron a las partes superiores del mismo tallo, ni a los brotes, debido a la oclusión de la base de éste.

El contenido del fósforo (P) en las hojas disminuyó a medida que aumentó la severidad (Cuadro 2) y el nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Figura 4) aplicado; algo similar resultó en el contenido de P en el tallo. De acuerdo

con los contenidos de P para clavel propuestos por Benton *et al* (1991) (0.25-0.80%), se puede considerar que los contenidos de P en hojas de todos los tratamientos para este experimento fueron suficientes, a excepción del primer tratamiento, donde su contenido se consideró alto y fue significativamente diferente a todos los demás; esta tendencia se debió a un efecto de dilución con el N, es decir, al haber poco N no se unió el P a éste para formar UTP y GTP indispensable en la síntesis de celulosa y sacarosa; como resultado sólo se acumuló el P (Marschner, 1986).

Algo semejante al P ocurrió con el potasio (K) de las hojas, los tres primeros tratamientos fueron significativamente iguales, pero diferentes a los demás por el alto contenido de K (Cuadro 2 y Figura 5), lo que demostró en los primeros que al haber poco N, el K se absorbió, pero no participó en los procesos metabólicos de las hojas y en partículas en aquellos relacionados con la formación y acumulación de materia seca, concentrándose en los tejidos de éstas, en parte esto es afirmado por Marschner (1986).

Cuadro 2. Medias porcentuales de los valores de los nutrientes contenidos en tallos y hojas en plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus*) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. Chapingo, México. 1991.

Tratamiento	Nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ meq l	Severidad enfermedad 1-5	Nitrógeno total tallo %	Nitrógeno total hojas %	Fósforo total tallo %	Fósforo total hojas %	Potasio total tallo %	Potasio total hojas %
1	1	0.00c ^y	1.42b	1.75d	0.487 [*]	0.859a	2.68	3.96ab
2	2	0.66abc	1.42b	2.10cd	0.447	0.556b	3.00	3.99a
3	4	2.66ab	1.89ab	2.56bc	0.453	0.402bc	3.29	3.57abc
4	8	3.33a	2.23ab	2.80	0.426	0.310c	2.98	3.45bc
5	12	3.66a	2.16ab	2.73b	0.436	0.341c	2.91	3.26c
6	16	3.66a	2.28ab	2.96ab	0.479	0.342c	2.87	3.07cd
7	20	4.33a	2.45a	2.89ab	0.486	0.362c	3.09	3.09cd
8	24	4.33a	2.35a	2.89ab	0.482	0.274c	2.96	2.68d
9 [*]	12	0.00c	2.59a	3.24a	0.468	0.365c	3.13	3.29c

x: Testigo sin inocular

y: Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (prueba de Tukey).

z: Las columnas que no incluyen letras, no presentaron diferencias estadísticamente entre medias

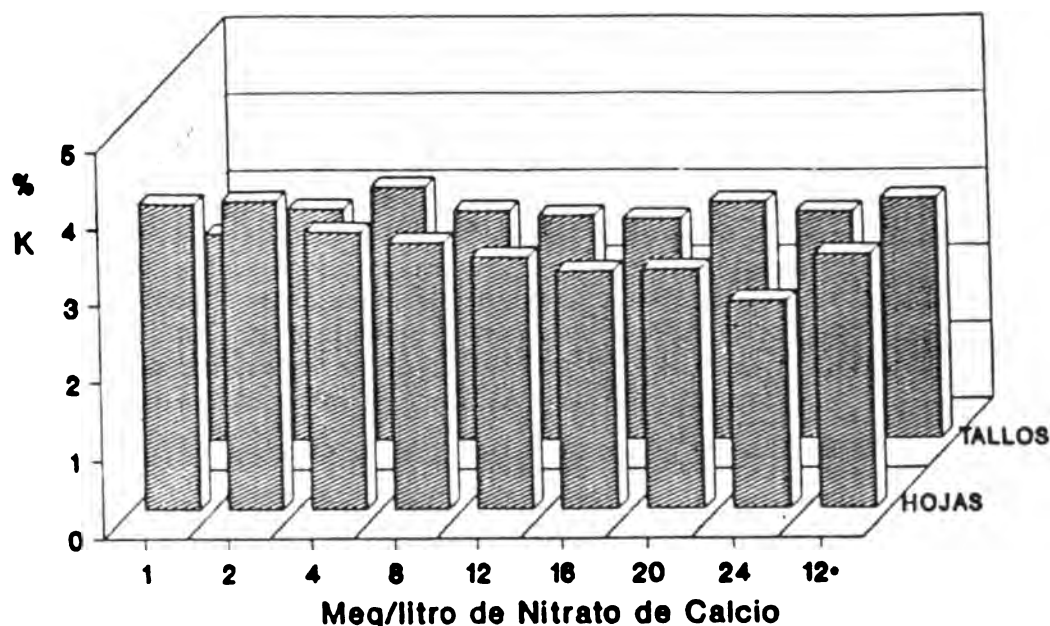


Fig. 5. Contenido en % de potasio total en hojas y tallos de plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. * = Testigo sin inocular. Chapingo, Méx. 1991.

El contenido general de K en hojas fue suficiente, a excepción del último tratamiento inoculado que fue bajo. Hubo un efecto del hongo sobre el contenido de K en las hojas porque a partir del tratamiento 5, y aumentando el nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, disminuyó el contenido de este nutrimento, considerando que el testigo tuvo un contenido mayor que esos tratamientos.

CONCLUSIONES

El nitrógeno tuvo un efecto positivo sobre la patogenicidad de *F. culmorum* W.G. Smith en las plantas de clavel, a mayor nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ mayor severidad de la enfermedad.

La mayor severidad de la enfermedad causada por *F. culmorum* W.G. Smith en las plantas de clavel influyó en una disminución en el número de brotes, pero fue más marcada esta disminución cuando el nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ fue el más bajo, con nula infección.

Las variables: número de entrenudos, número de botones florales, número de flores y grosor de tallo no fueron significativos en sus análisis de varianza, lo que demostró una influencia relativa o nula por efecto del nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ o del patógeno (Cuadro 3).

El peso seco de los órganos tallo y hojas se incrementó consecuentemente al aumento del nivel de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a pesar del desarrollo proporcional de la enfermedad.

El contenido de nitrógeno en los tejidos de tallo y hojas aumentó, aunque no considerablemente, conforme se aplicó más $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Este cambio fue marcadamente influenciado por la severidad de la enfermedad.

Los contenidos de fósforo y potasio en los tallos no manifestaron diferencias significativas entre tratamientos, no obstante los suficientes valores para la planta.

El fósforo y el potasio contenido en hojas sí manifestó diferencias significativas entre tratamientos, y se notó una tendencia general a incrementarse dichos nutrimentos a medida que disminuía el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aplicado; por otra parte, los valores en general de ambos elementos fueron suficientes, a excepción del fósforo que llegó a un nivel alto cuando se aplicó tan solo un meq l^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y del potasio que llegó a un nivel bajo cuando se aplicaron 24 meq l^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; la influencia del hongo fue relativa.

Cuadro 3. Significancia del modelo según prueba de F en los análisis de varianza, cuadrado medio del error, desviación estándar, media general, coeficiente de variación y diferencia mínima significativa en la prueba de comparación de medias de Turkey para cada variable evaluada en plantas de clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.) cv. "Dark Lena" abastecidas con ocho niveles de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e inoculadas con *Fusarium culmorum* W.G. Smith. Chapingo, México. 1991.

Fuente de variación	Cuadrado medio error	Desviación estándar	Media general		Coeficiente variación	Diferencia mínima significativa
Severidad	0.5259	0.4186987	2.51851	**	28.79500	2.1065
Altura	11.8148	1.9845079	65.25926	**	5.26710	9.9841
No. entrenudos	2.5278	0.9179284	19.11111	NS	8.31924	-
No. brotes	2.2732	0.8704689	8.40741	**	17.93295	4.3793
No. botones	0.2176	0.2693155	0.48148	*	96.88186	1.3549
No. flores	0.5370	0.4230985	0.70370	NS	104.13870	-
Grosor tallo	0.0029	0.0312595	0.69962	*	7.73883	0.1573
P.S. tallo	0.4813	0.4005216	5.45000	**	12.72888	2.0150
P.S. hojas	1.3463	0.6699097	7.63962	**	15.18814	3.3703
P.S. total	2.9615	0.9935616	13.08963	**	13.14704	4.9986
% N tallo	0.0992	0.1818458	2.09074	**	15.06481	0.9149
% N hojas	0.0287	0.0978424	2.66000	**	6.37098	0.4922
% P tallo	0.0042	0.0373723	0.46263	NS	13.99193	-
% P hojas	0.0034	0.0337318	0.42370	**	13.78917	0.1697
% K tallo	0.0438	0.1208528	2.99148	NS	6.99730	-
% K hojas	0.0329	0.1048029	3.37593	**	5.37701	0.5273

NS = Significancia estadística no significativa.

* = Significancia estadística significativa a 0.05.

** = Significancia estadística significativa a 0.01.

BIBLIOGRAFIA

- Benton, J.J. Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. p. 123.
- Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. New Surrey, England. pp. 14-37.
- Conway, Y.R., and Pretty, J.N. 1991. Unwelcome harvest. Earthscan Publ. Ltd. London pp. 157-224.
- Engelhard, W.A. 1989. Management of disease with macro and microelements. APS Press. Minnesota, E.U.A. pp. 2-31.
- Hewitt, E. H., and Smith, T.A. 1975. Plant mineral nutrition. The English University Press Ltd. p. 298.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. USA. p. 674.
- Nelson, P.E., Tousson, T.A., and Cook, R.J. 1981. *Fusarium*: Disease, biology, and taxonomy. The Pennsylvania State University Press. United States of America. P. 457.
- Nuñez, C.R.D. 1978. Estudio sobre el control biológico de *Fusarium roseum* (Lk). Snyder y Hansen, causante principal de la "Dormilona" del clavel en Villa Guerrero, Méx. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. pp. 176.
- Pegg, E.F. 1981. Biochemistry and physiology of pathogenesis. In: Mace, M.E., Bell, A.A. and Beckman, C.H. 1981. Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. USA. pp. 193-254.
- Stack, R.W., Horst, R.K. and Langhans, R.W. 1986. Effects of nitrogen and potassium fertilization on infection of florists carnation by *Giberella zaeae*. Plant Disease, 70:29-31

BIOREGULADORES DE ORIGEN VEGETAL: UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE PLAGAS AGRICOLAS

Dr. Marcelino Vázquez García. Laboratorio Bosque la Primavera. Universidad de Guadalajara.
Emerson 73, Sector Juárez. Guadalajara. Jalisco, 44150, México

RESUMEN

Se define el concepto de bioregulador y se discute sobre el potencial de su desarrollo para el control de insectos en la agricultura. Específicamente se trata de los bio-reguladores de origen vegetal, se discuten los variados tipos sobre la base de las ventajas que ofrecen sobre los insecticidas convencionales. Se exponen los descubrimientos recientes y las posibilidades de investigación y el desarrollo de los mismos para apoyar el avance de la agricultura natural, ecológica y/o sostenible.

INTRODUCCION

El uso de insecticidas, a través del tiempo, ha pasado por tres etapas que separan a los diferentes grupos de productos por su naturaleza activa. Se habla de productos de primera generación para distinguir a todos aquellos tóxicos que son de origen mineral, botánico u orgánico sintético. Esta agrupación comprende a productos tales como el Verde de París, las piretrinas naturales o cualquier compuesto organoclorinado, organofosforado, carbamato o piretroide sintético. En esta categoría se agrupan la mayoría de insecticidas usados convencionalmente en la agricultura.

Con el avance de los estudios microbiológicos y específicamente de la patología de insectos, y con el descubrimiento de nuevas alternativas de control utilizando patógenos o toxinas derivadas de ellos, el uso de los insecticidas convencionales parece acercarse a una etapa de franca declinación. Este tipo de insecticidas de origen microbial se les ha denominado como productos de la segunda generación, que prometen un gran futuro, especialmente porque su aprovechamiento podrá ser hasta el extremo magnificado, mediante el empleo de las técnicas modernas de la Ingeniería Genética y de la Biotecnología de Vegetales. Entre los insecticidas mas populares de este tipo está la Endotoxina del *Bacillus thuringiensis*, la Polihedrosis nuclear o citoplasmática, las preparaciones fungosas de *Bauveria bassiana* o de *Metarrhizium anisopliae*, etc..

El descubrimiento accidental del "Paper Factor" al observar instares supernumerarios en la cría de un hemíptero en el laboratorio, cuando se usaba papel fabricado con pulpa de *Abies balsamica*, dio origen a la identificación de la Juvabiona, un compuesto de origen vegetal con estructura similar a la hormona juvenil que interfería con la metamorfosis del insecto. Los trabajos de síntesis de análogos de este tipo de compuestos dio rápidamente frutos al lograrse sintetizar el metopreno, el hidropreno y otros isómeros con actividad biológica similar. Más tarde, el entendimiento de la fisiología de la metamorfosis dio origen al descubrimiento de nuevos compuestos del grupo de las fenilureas que tenían una actividad al nivel de inhibición de la síntesis de la quitina, con lo cual se interfería de manera letal con el crecimiento de los insectos. Este tipo de sustancias, junto con las feromonas que interfieren de manera muy específica en funciones fisiológicas o del comportamiento de los insectos se agrupan en la tercera generación de insecticidas, LOS BIO-REGULADORES, también clasificados en 2 categorías: reguladores de crecimiento y feromonas, y que son considerados en la actualidad como las alternativas mas promisorias para los programas de control integrado de insectos, y que en gran medida vendrán a sustituir importantemente al uso de los insecticidas convencionales.

El concepto de bioregulador ha sido históricamente asociado a aquellas sustancias orgánicas o inorgánicas capaces de provocar un efecto significativo para modificar, suprimir o alterar una o varias funciones fisiológicas o del comportamiento de un organismo que pueden o no estar relacionadas entre sí (Heidin, 1991). Aplicado este concepto a los vegetales cultivables, se asocia a aquellas sustancias, en su mayoría orgánicas, capaces de determinar un efecto fisiológico que da por resultado una característica deseable para mejorar la condición de la planta de acuerdo con un interés antrópico.

En contraste, desde el punto de vista entomológico, un bioregulador es toda aquella entidad orgánica o inorgánica capaz de provocar alteraciones de funciones vitales de los insectos de manera tal que resulten en la incapacidad para continuar con un

desarrollo o comportamiento normal y, como consecuencia ulterior, la muerte o la incapacidad para producir descendencia, efectos también deseables con el propósito de controlar poblaciones perjudiciales.

En años recientes, un creciente interés se ha producido para la obtención de productos naturales bio-reguladores, incluyendo aquellos producidos a través de fermentaciones, que han encontrado un nicho en el mercado de plaguicidas, principalmente debido a la notoria preocupación que se ha producido por el uso irracional de los plaguicidas clásicos.

El objetivo de esta conferencia es el de discutir y hacer un análisis, a través de la exposición de los adelantos científicos más significativos en este campo, de aquellos productos naturales de origen vegetal que son promisorios para el control de poblaciones de insectos y que llevan implícita una esperanza para sustituir de manera satisfactoria los beneficios que se obtienen con los insecticidas tradicionales. Se espera con ello contribuir a despertar el interés para propiciar el desarrollo de nuevos programas de investigación sobre estos tópicos, lo cual, complementará los ya numerosos esfuerzos que se realizan en México para fundamentar y apoyar los sistemas de Agricultura Sostenible.

EL PROBLEMA DE LOS INSECTICIDAS CONVENCIONALES

Por décadas el hombre en sus actividades agrícolas se ha auxiliado de los insecticidas para producir, libres de daño por insectos, sus alimentos y materias para su desarrollo. Desde el siglo pasado una gran variedad de productos sintéticos se han creado para este fin. Los insecticidas inorgánicos más usuados como el arseniato de plomo, arsenito de sodio, arseniato de cobre, arseniato de calcio, azufre elemental, ácido bórico, entre otros, fueron sustituidos por el insecticida organoclorado DDT en los años 1940. A partir de entonces, la producción de insecticidas orgánicos para su uso en la agricultura mundial prevalece como la alternativa más viable para el control de daños causados por insectos.

Sin embargo, en la misma década de los años 1940, el uso masivo del DDT y de otros compuestos relativos trajo como consecuencia innumerables reportes de su peligrosidad para los humanos y animales de sangre caliente, como resultado de su larga persistencia y estabilidad en el ambiente y por su magnificación a través de la cadena trófica. Una

creciente crítica hacia este tipo de plaguicidas desde los años 1950 y nuevos resultados toxicológicos, dio como resultado que muchos compuestos relativos al DDT y los ciclodienos fueran fuertemente restringidos y algunos de ellos prohibidos para su uso en la agricultura.

La necesidad de insecticidas se vio entonces satisfecha con la introducción al mercado mundial de productos organofosforados y carbamatos en los años 1950. El uso de este tipo de insecticidas, menos persistentes y poco magnificables, fue y ha sido la alternativa más común al problema de plagas por insectos en la agricultura. Aunque algunos de éstos productos se les han comprobado efectos subletales en animales tales como carcinogénesis, teratogénesis, esterilidad etc. y han sido también restringidos o prohibidos, otros permanecen en el mercado y son todavía ampliamente usados.

En los años de la década 1970 un nuevo grupo de insecticidas apareció en el mercado, los piretroides sintéticos. Estos productos, que fueran sintetizados tomando como base las estructuras químicas de las piretrinas naturales, tienen la misma actividad insecticida y mayor fotoestabilidad. Estas cualidades, aunadas a una menor toxicidad para animales de sangre caliente que la mayoría de los organofosforados y carbamatos, les permite competir ampliamente en el mercado. A la fecha un gran número de piretroides sintéticos están en uso y comparten con los anteriores el 90% del mercado mundial de insecticidas.

Un problema mayúsculo, en el que se encuentran los productos sintéticos en uso, de los grupos organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides es el del desarrollo de diferentes mecanismos de resistencia por parte de las poblaciones de insectos. En la década de los años 1930 aparecieron los primeros indicios de este fenómeno, cuando en 1938 un total de 7 especies de insectos fueron registradas con menor susceptibilidad a insecticidas de origen inorgánico. El número de especies reportadas en el mundo como resistentes a insecticidas fue incrementándose paulatinamente con la aparición de los sintéticos en el mercado, y fue a partir de la década de los años 1950 cuando en forma dramática los reportes de casos de resistencia a insecticidas fueron cada vez más frecuentes. Hasta 1988 más de 504 casos de resistencia a insecticidas fueron reportados en el mundo (Georghiou, 1990) (Fig. 1). De éstos, 36.1 % corresponden a insectos del orden Díptera; 14.7 %, a Lepidóptera; 14.3 %, a Coleóptera; 14 %, a Acarina; 10.1 %, a Homóptera y el resto a otros órdenes (Figura 2). Los grupos de

insecticidas que han originado un mayor número de casos de resistencia son precisamente los organoclorados, ciclodienos y organofosforados que contienen un gran número de insecticidas, y porque han sido más extensiva e intensivamente usados, mientras que los carbamatos y piretroides,

por contener un menor número de productos en el mercado y por ser de más reciente introducción, han originado un número menor de casos de resistencia, aunque no por ello este problema deja de ser alarmante (figura 3).

Figura 1. NUMERO DE ESPECIES RESISTENTES (ACUM.)

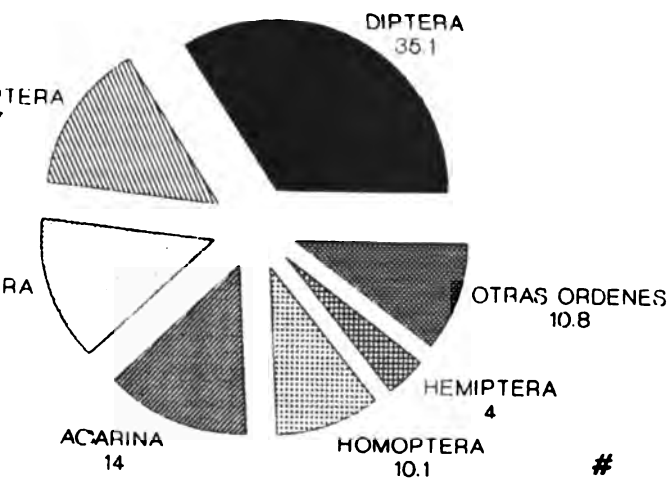


Figura 3. INSECTOS Y ACAROS RESISTENTES A DIFERENTES INSECTICIDAS.

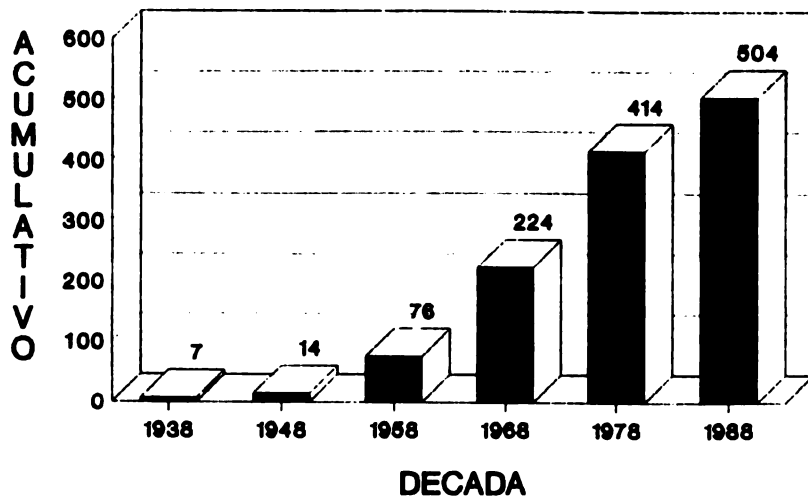
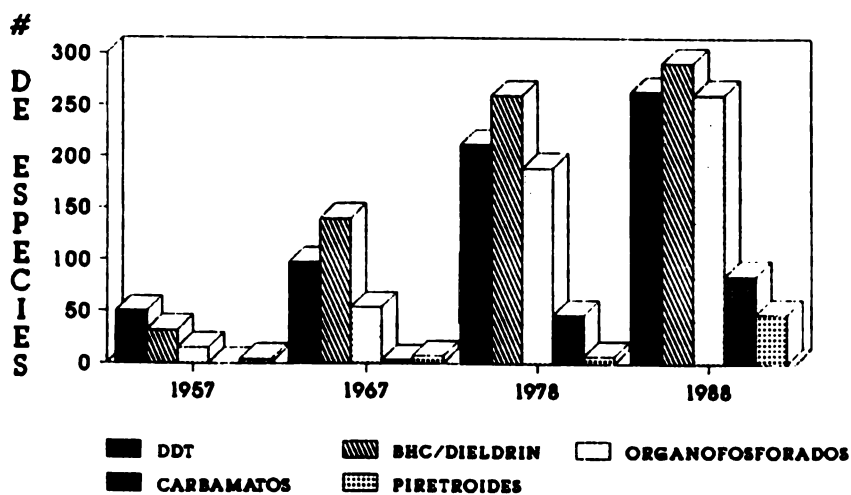


Figura 2. DISTRIBUCION DE LA RESISTENCIA POR ORDENES (%)



En resumen, y al margen de los problemas de contaminación ambiental, la peligrosidad de los insecticidas sintéticos debido a su toxicidad aguda, a sus efectos subletales, a su persistencia, a su biomagnificación y al grave problema del desarrollo de la resistencia, es hoy en día razón suficiente para que el control de insectos en la agricultura tenga otro enfoque. En este contexto el uso de bio-reguladores se eleva como una alternativa viable y promisorio que ofrece no solamente contrarrestar los problemas originados por los sintéticos, sino que por su amplia ocurrencia como entidades naturales en el reino vegetal y animal, es factible que un gran número de ellos pronto se puedan tener disponibles para uso agrícola, adaptándose mejor a las necesidades de aquellos sistemas de agricultura orgánica, natural o sostenible.

TIPOS DE BIOREGULADORES DE ORIGEN VEGETAL

Particularmente, en los pasados 25 años se ha observado mucha actividad dirigida al trabajo fito-químico para el aislamiento e identificación de un amplio arreglo de productos naturales biológicamente activos. Sin embargo, solamente en un limitado número de casos la guía química ha resultado ser el factor conducente para la investigación de las propiedades (Heidin, 1991). Entomólogos y agrónomos en diferentes partes del mundo, incluyendo México, han trabajado específicamente en la búsqueda de sustancias activas a través de bioensayo, de diferente naturaleza, de extractos de origen vegetal y sobre una gran variedad de especies de insectos (Anónimo 1990).

Estos trabajos han conducido a la determinación de un gran número de extractos activos potenciales para el control de insectos. Sin embargo, la mayor parte de la información escrita no provee ningún segmento de investigación sobre el aislamiento y la caracterización de las moléculas activas.

De la información disponible hasta la fecha se puede establecer de manera muy general una clasificación de entidades biológicamente activas reconocidas químicamente de acuerdo con el Cuadro 1. Sin embargo, esta clasificación aunque comprende a la mayoría de reportes bien documentados, aún debe reconocerse que existen otros resultados de investigación de vanguardia que en el futuro integre nuevos bio-reguladores.

CUADRO 1. BIO-REGULADORES DE ORIGEN VEGETAL PARA EL CONTROL DE INSECTOS*

BIO-REGULADORES	
ALELOQUIMICOS	
PARAFEROMONAS	
ATRAYENTES Y ESTIMULANTES ALIMENTICIOS	
DETERRENTES Y REPELENTES DE OVIPOSICION	
ANTIALIMENTARIOS	
ESTIMULANTES DE OVIPOSICION	
AGENTES HORMONALES	
ANALOGOS DE HORMONA JUVENIL	
ANALOGOS DE ECDISONA	
ANALOGOS DE HORMONA DE DIAPAUSA	
PRECOCENOS	
PROSTAGLANDINAS	
INDUCTORES DE METABOLITOS SECUNDARIOS	
BIOSINTESIS DE TERPENOS	

* Adaptado de Heidín (1991)

Muchas plantas poseen atrayentes de determinadas especies de insectos que poseen estructuras químicas similares a las feromonas que ellos sintetizan, o bien son estas mismas sustancias vegetales las que el insecto utiliza para la síntesis de las feromonas o las almacena en su forma original para utilizarlas como feromonas. Estos aspectos están poco estudiados, sin embargo se tiene la certeza de que este tipo de paraferomonas son producidas por las plantas en sus aceites esenciales y se sabe que la mayoría de ellos son terpenoides (Primo, 1991) (Cuadro 2).

CUADRO 2. PARAFEROMONAS* DE PLAGAS AGRICOLAS Y FORESTALES QUE EXISTEN EN ALGUNOS VEGETALES.

ESPECIE DE INSECTO	EFECTO COMPUESTO	
Ips typographus y otros coleópteros	Agregación	Cis-verbenal
Dacus oleae (Diptera)	Sexual	alfa-pineno alfa-pineno p-pineno
Acanthomyops claviger (Formicidae)	Alarma	Citronelal Geranial Neral
Mamestra brassicae Benzaldehido	Sexual	Alcohol bencilico
Drepanotermes spp	Alarma	Limoneno
Nasutitermes spp	Alarma	alfa-pineno
Afidios vanas especies	Alarma	Germacreno A Beta-farneseno

* Adaptado de Primo (1991)

Desde el punto de vista del potencial de uso para fines agrícolas, son precisamente las entidades que en su forma original en la planta actúan como las feromonas naturales. La investigación sobre este tipo de alternativas debe de tomar dos rutas: La determinación de procedimientos de extracción directa y la determinación de técnicas de aplicación para fines de control, que puede tomar a su vez dos características: El empleo de la técnica de confusión o disrupción del apareamiento (Cameron, 1973; Cameron *et al.*, 1974 y Shorey, 1974) o el empleo de la técnica de trapeo feromona + insecticida (mass trapping)(Lloyd *et al.*, 1972).

Los atrayentes alimenticios, los repelentes, los estimulantes alimenticios, los antialimentarios, los estimulantes de la oviposición y algunos tóxicos son ejemplos de aleloquímicos que son factores no nutricionales y constituyentes secundarios de vegetales que afectan el comportamiento y el desarrollo de los insectos. Este tipo de sustancias cuando dan a la planta hospedera una ventaja adaptativa son denominadas alomonas, mientras que si representan una ventaja adaptativa para el insecto, son denominadas kairmonas.

Los atrayentes y repelentes fueron en un tiempo las herramientas de moda y fueron descritos como los mejores y los mas creativos e imaginativos, dado que por su especificidad, por su origen vegetal, y su nulo impacto a la ecología, eran instrumentos muy ajustables a los programas de manejo integrado de plagas.

Varias modalidades de uso se originaron, y variable éxito ha sido obtenido en el control de algunas plagas. Entre otros pueden ser mencionados el atrayente metil-eugenol en el muestreo y control de la mosca oriental de la fruta, el cue-lure (p-acetoxifenil metil cetona) en el control de la mosca del melón, el trimed-lure (t-butil-2-metil-4-clorociclohexanocarboxilato) en el control de la mosca del mediterráneo, el etil 3-isobutil-2,2- dimetilciclopropanocarboxilato para el muestreo y trapeo masivo de el mayate rinoceronte del cocotero, el 6-MBOA (6-metoxibenzoxiazolinona) como repelente al gusano barrenador del maíz, etc.. Un considerable cúmulo de información existe a la fecha sobre su aislamiento, identificación y métodos de aplicación; sin embargo, a la fecha sólo un número reducido de casos han mostrado éxito consistente.

En contraste, se ha renovado el interés en los antialimentarios, especialmente compuestos con muy alta actividad, como es el caso de el producto

natural azadirachtin (Schmutterer, 1990) que se obtiene a partir de las semillas del árbol del neem, a tal grado que varios insecticidas con este activo han sido ya registrados para uso comercial. El uso de los antialimentarios tiene una ventaja adicional sobre los tóxicos, debido a que el insecto consume poco o nada de alimento mientras vive, lo cual limita el daño al cultivo y son específicos, por lo que poseen menos toxicidad a mamíferos.

Los efectos antialimentarios de azadirachtin se han observado sobre una gran variedad de especies de insectos de importancia económica. El potencial de uso de azadirachtin recae en varias ventajas que exhibe, su potencia que es comparable a los insecticidas convencionales, su alto grado de especificidad que afecta el comportamiento, el desarrollo y los procesos bioquímicos muy peculiares a las insectos, su probada no-mutagenicidad, su biodegradabilidad y su actividad sistémica en plantas, después de una extraordinaria absorción a través de las hojas o raíces.

Los agentes hormonales, tales como la hormona juvenil, la ecdisona, las hormonas que regulan la diapausa así como las antihormonas, como el precoceno y las prostaglandinas han sido aisladas e identificadas directamente de los insectos. Análogos han sido sintetizados y formulados como insecticidas para uso comercial; metopreno, kinopreno etc., pero su uso no se ha diseminado, tal vez por la falta de aplicaciones prácticas y porque su espectro de actividad sobre insectos es limitado.

Una perspectiva que se levanta con renovados esfuerzos es la obtención de este tipo de agentes aislados de plantas. Algunos de ellos con acción directa sobre las funciones hormonales de los insectos y otros que podrían promover la biosíntesis de un compuesto secundario con actividad hormonal en el insecto. Sin embargo, la gran especificidad de este tipo de compuestos de nuevo restringen su uso de aplicaciones de campo a sólo en condiciones muy controladas y bastante óptimas para su funcionamiento.

De nueva cuenta, varios de los mas sorprendentes casos de bioreguladores de este tipo se aprecian en azadirachtin y limonoides similares extraídos de el árbol del neem *Azadirachta indica* y de *Melia azedarach*, incluso en extractos crudos de ambas especies de hojas, frutos enteros, semillas, etc. (Schmutterer, 1987). Desde 1972 en que fue por primera vez reportado un efecto sobre el crecimiento postembriónico en la chinche africana del café

Antestiopsis orbitalis bechuana, una cantidad extensa de reportes se han originado en diversas partes del mundo por numerosos autores, consiguiendo efectos morfogenéticos y efectos en la fertilidad y la fecundidad en por lo menos 7 órdenes de insectos, cubriendo las más importantes plagas agrícolas y forestales del mundo (Schmutterer, 1987, 1990).

Los efectos morfogenéticos más frecuentemente reportados son: retardamiento del proceso de muda, inhibición de la muda en ninfas y larvas y emergencia de adultos deformes en sus apéndices alares y pronotum, producción de estados intermedios, entre prepupa y pupa o pupa y adulto o bien larvas "permanentes". Todos estos casos previos a la inhabilidad de las siguientes etapas de desarrollo para sobrevivir.

Una explicación clara, a nivel fisiológico, de los efectos anteriores no está aún disponible, sin embargo, parece que el azadirachtin altera las concentraciones de ecdisoesteroides en la hemolinfa con lo cual se modifica el programa hormonal de crecimiento (Ruscoe, 1972), aunque debilmente se ha especulado que algunos de los efectos reguladores del crecimiento puede ser explicado por la acción directa sobre la movilidad del intestino que conduce a un disturbio de la metamorfosis incluyendo la prevención de las mudas.

Además de los efectos morfogenéticos, azadirachtin produce una disminución de la fecundidad de los insectos. La explicación a este efecto es que el principio activo de azadirachtin interfiere con la biosíntesis de vitelogenina y/o con su incorporación en los oocitos en forma directa o indirectamente a través del sistema endocrino, principalmente a través de la prevención de producción de la hormona juvenil (Rembold *et al.*, 1989). Azadirachtin y triterpenoides similares probablemente reducen la concentración de ecdisoesteroides por la acción en el sistema neuroendocrino, lo cual puede también explicar la pérdida en peso del cuerpo y de la fecundidad.

No se tienen resultados experimentales que permitan afirmar con certeza el efecto de azadirachtin sobre la fertilidad de los huevecillos, sin embargo, existen algunos reportes de infertilidad de huevecillos, independientemente de la acción ovicida que también parece exhibir.

La esperanza de vida de algunas especies parece ser afectada por azadirachtin, por lo que se supone

que este bioregulador de origen vegetal también afecta el vigor y la longevidad de los adultos después de que los estados inmaduros han sido tratados con dosis subletales. Aunque debe de establecerse como una regla que los adultos no son afectados con azadirachtin.

Por último, algunos reguladores de crecimiento de plantas han mostrado que son capaces de incrementar la biosíntesis de ciertos constituyentes secundarios de plantas que en turno disminuyen el ataque de plantas por insectos. El ácido alfa-naftalenacético, por ejemplo, provoca la biosíntesis de terpenos en cítricos, los que disminuyen el ataque de moscas de la fruta. Este campo de la investigación aún espera encontrar aplicaciones para el control de insectos.

CONCLUSIONES

Los productos naturales están encontrando un lugar en el mercado de los insecticidas. Hoy en día es económicamente factible la producción de bioreguladores a través de procesos microbiológicos, en especial a través de fermentación. Por otro lado, el procesamiento de material vegetal en crudo puede algunas veces proporcionar razonables rendimientos en la producción de insecticidas naturales. En otras formas tales como la feromonas y las hormonas pueden ser sintetizados como una estrategia, tomando como base las estructuras naturales. Un campo que recibe especial interés es el de inserción de genes para la expresión del compuesto dentro de las plantas a través de ingeniería genética.

Sin embargo, es prudente que la secuencia de la investigación sea no solamente el bioensayo preliminar, sino el aislamiento y la identificación de la estructura, un entendimiento de las vías de biosíntesis y los mecanismos de expresión y un amplio conocimiento de los efectos toxicológicos para conocer el riesgo en mamíferos, antes de la decisión apresurada de algunos investigadores por obtener una herramienta adecuada a los sistemas de agricultura natural, ecológica, y/o sostenible.

REFERENCIAS

- Anónimo, 1990. II Simposio Nacional de Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. XXV Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. 192 pp.

Cameron, E. A. 1973. Dispalure: a potential tool for gypsy moth population manipulation. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 19: 15-19.

_____, C.P. Schwalbe, M. Beroza y E.F. Knipling. 1974. Disruption of gypsy moth mating with microencapsulated disparlure. *Science* 18: 972-973.

Georghiou, G.P. 1990. Resistance potential to biopesticides and considerations of countermeasures. En: *Pesticides and Alternatives* ed. por J.E. Casida. Elsevier Science Publishers. p. 409-420.

Hedin, P.A. 1991. Use of natural products in pest control. En: *Naturally occurring pest bioregulators*. Ed. por P.A. Hedin. ACS Symposium Series No 449. American Chemical Society, Washington, DC. 322 pp.

Lloyd, E.P., W.P. Scott, K.K. Shaumak, F.C. Tingle y T.B. Davich. 1972. A modified trapping system for suppression low density population o overwintering boll weevils. *J. Econ. Entomol.* 65: 1144-1147.

Primo, Y.E. 1991. *Ecología química: Nuevos métodos de lucha contra insectos*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 115-121.

Rembold, H. 1989. Isomeric azadirachtins and their mode of action. En: *Focus on Phytochemical Pesticides, Vol. 1, The neem tree*. Por M. Jacobson. Ed. CRC Press. p. 47-67.

Ruscoe, C.N.E. 1972. Growth disruption effects of an insect antifeedant. *Nature* 236: 159-160.

Schmutterer, H. 1987. Insect growth -disrupting and fecundity- reducing ingredients from the neem and chinaberry trees. En *Handbook of natural pesticides, Vol. III, Insect growth regulators*. Por E.D. Morgan y N.B. Mandava. CRC Press Inc. p. 119-170.

_____. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree *Azadirachta indica* *Ann. Rev. Entomol.* 35: 271-297.

Shorey, H.H., R.S. Kaae y L.K. Gaston. 1974. Sex pheromones of lepidoptera. Development of a method for pheromonal control of *Pectinophora gossypiella* in cotton. *J. Econ. Entomol.* 64: 347-350.



ESTUDIO PRELIMINAR DE LILIACEAS CON POTENCIAL INSECTICIDA

Juana Palacios Lázaro,* Marcelino Vázquez García,**
Gil Virgen Calleros,** Ma. Fatima Sanchez Gutierrez.*

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron seis especies de la familia Liliaceae. Se utilizaron extractos de semilla, bulbo y hojas en solventes como etanol, acetona y agua. Los extractos acuosos de bulbo y hoja de *Manfreda guttata* dieron CL50's de 147.41 y 695.07 ppm respectivamente en larvas de *Culex quinquefasciatus*. El resto de los extractos fueron menos activos, ya que sobrepasan las 1000 ppm.

Palabras clave: Liliaceae, Extracto acuoso, *Manfreda guttata*, CL50, *Culex quinquefasciatus*.

ABSTRACT

Six species of Liliaceae were used. Extracts from seeds, bulbs and leaves were prepared using organic solvents: ethanol acetone and water. Aqueous extracts from *M. guttata* bulbs and leaves had CL50's of 147.41 and 695 ppm, respectively, on *Culex quinquefasciatus* larvae. The rest of preparations were less active having CL50's above 1000 ppm.

Keywords: Liliaceae, Aqueous extract, *Manfreda guttata*, CL50 and *Culex quinquefasciatus*.

INTRODUCCION

A través del tiempo el hombre ha empleado algunas especies de la familia Liliaceae para tratar una gran diversidad de enfermedades (anónimo 1987). Asimismo se han venido empleando algunas de estas especies como insecticidas.

Se han realizado estudios donde demuestran que *Allium sativum* tiene propiedades insecticidas para el control de *Culex quinquefasciatus* (Say) (Holyok y Reese, 1987). Además estos mismos autores hacen mención que de la semilla de la "sabadilla" [*Schoenocaulum officinale*] se extraen dos alcaloides; el veratridine y el cavadine, conocidos comercialmente con el nombre de "alcaloides veratrum" para el control de *Oncopeltus fasciatus* y *Melanoplus femur-rubrum*.

Arenas (1984) realizó un listado de 38 especies de la familia Liliaceae con propiedades insecticidas para el control de artrópodos. Algunas de ellas son las siguientes:

Allium sativum, planta completa preparada en extracto acuoso y polvo tiene acción contra *Bruchus dinensis*; *Allium cepa*, que tiene efecto repelente contra la familia Ixodidae; *Lilium cordifolium* en extracto y suspensión presentaron actividad insecticida sobre *Drosophila hydei*; *Nothoscordum texanum*, el fruto en extracto acuoso tiene una alta actividad insecticida en *Blattella germanica*; *Veratrum lobelcanum*, con el extracto de raíz presenta una alta actividad insecticida en *Musca domestica*; *Schoenocaulum officinale*, con la semilla en extracto acuoso presenta un efecto antialimentario en *Adelphocoris lineolatus*.

Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue la búsqueda de entidades con actividad insecticida presentes en algunas especies de la familia Liliaceae del Estado de Jalisco.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de la presente investigación se utilizó como material biológico el mosquito casero *Culex quinquefasciatus* (Say). El cual fue reproducido y alimentado bajo condiciones controladas de laboratorio, con una temperatura de 26 ± 2 grados centígrados y una humedad relativa de $65 \pm 3\%$ y un fotoperíodo de 12 horas.

* Pasante de la Fac. de Ciencias. Univ. de Guadalajara.

** Profesores Investigadores del Lab. Bosque la Primavera. Univ. de Guadalajara. Emerson No 73 S.J. Guadalajara Jal.

Las especies utilizadas fueron: *Manfreda jaliscana* (Rose), *Prochyanthes mexicana* (Zucc) Rose, *Spreckelia formosissima* (L) colectadas en el cerro de Colli, Mpio. de Zapopan. *Manfreda guttata* (Rose), colectada en San Ignacio Cerro Gordo Mpio. de Arandas Jal, *Sigadenus virescens* (McBride) HBK, *Vesera elegans* (Schult) colectada en la Sierra de Manantlán.

La preparación de los extractos consistió en macerar 25 gr de bulbo, hoja o semilla en 100 ml de agua destilada, y como solventes orgánicos etanol, acetona o agua. Se filtró en un embudo Buchner con papel filtro Whatman No.4. El extracto obtenido se consideró a 250,000 ppm.

Los bioensayos consistieron en colocar en vasos de plástico 100 ml de agua destilada por dosis en cuatro repeticiones más un testigo y 25 larvas de *Cx. quinquefasciatus* del tercer instar o cuarto temprano.

Se les agregó 1 ml del extracto a distintas concentraciones. Se realizaron conteos a las 24, 48, y 72 horas para determinar porcentajes de mortalidad.

De los resultados obtenidos se calcularon las líneas Log-dosis-probit y los correspondientes CL50 mediante análisis Probit. Se utilizaron las CL50's como parámetros para comparar actividad insecticida de cada preparación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se presentan en el Cuadro 1 son los obtenidos de los bioensayos. Los extractos acuosos de bulbo y de hoja de *M. guttata* resultaron más activos como insecticidas, ya que dieron CL50's de 147.41 y 695.07 ppm, respectivamente. Asimismo, encontramos que todas aquellos extractos elaborados con agua proporcionaron mejores resultados a diferencias de aquellos realizados con solventes, esto puede deberse a que la polaridad del agua es más afín a la polaridad que presentan los compuestos encontrados en las plantas y tal vez esto facilite la extracción de dichos compuestos. En fechas próximas se realizarán pruebas químicas para la determinación y separación de los principios activos, que serán llevados a cabo con el propósito de auscultar las posibilidades de desarrollo de nuevas entidades de origen vegetal para el control de insectos.

Cuadro 1.- Concentraciones letales y líneas de respuesta para los extractos sobre larvas de *Cx. quinquefasciatus*. Lab. Bosque la Primavera. U. de Guadalajara 1993.

Extracto	CL50	CL98	Log-dosis-Probit
<i>M. jaliscana</i>			
Semilla-alcohol	2195.68	3761.86	$Y=4.96+8.78(X-13.33)$
Bulbo-agua	1099.54	2886.79	$Y=5.37+4.90(X-13.11)$
Bulbo-alcohol (100% de sobrevivencia)			
Hoja-agua	1860.89	4180.44	$Y=5.00+5.84(X-12.25)$
<i>M. guttata</i>			
Bulbo-agua	147.41	939.94	$Y=5.21+2.45(X-12.25)$
Bulbo-alcohol (100% de sobrevivencia)			
Hoja-agua	695.07	4761.27	$Y=5.60+2.45(X-13.09)$
<i>P. mexicana</i>			
Bulbo-agua	1444.71	3514.62	$Y=5.17+5.32(X-13.19)$
Bulbo-acetona	2403.41	86750.99	$Y=4.71+1.31(X-13.16)$
<i>Z. virescens</i>			
Bulbo-agua	2063.87	13825.43	$Y=4.69+2.48(X-13.19)$
Bulbo-alcohol (100 % de sobrevivencia)			
Bulbo-acetona (100 % de sobrevivencia)			
<i>S. formosissima</i>			
En todas su partes se obtuvo el 100 % de sobrevivencia			
<i>V. elegans</i>			
En todas su partes se obtuvo el 100 % de sobrevivencia			

CONCLUSIONES

- Los extractos acuosos de *M. guttata* muestran una actividad insecticida sobre larvas de *Cx. quinquefasciatus* que son prometedoras como alternativa para el control de insectos.
- Los extractos acuosos presentaron mayor actividad insecticida que los extractos etanólicos y de acetona.
- Los extractos de *S.formosissima* y *V.elegans* no mostraron actividad insecticida contra larvas de *Cx.quinquefasciatus*.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1987. Plantas medicinales, virtudes insospechadas de plantas conocidas. Selecciones del Reader's Digest. México - New York, 1987. pp.103-130.
- Arenas, L.C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F. 1984.
- Holyok, W.C. and John C. Reese. 1987. Acute insect toxicants from plants. volume III :Insect Growth Regulators, part B by E.David Morgan and N. Bhushan Mandova. CRC Handbook of Natural Pesticides 1987. pp.67-118.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA DE 3 ESPECIES DE MELIACEAS

Fátima Sánchez Gutiérrez,¹ Marcelino Vázquez García,²
Gil Virgen Calleros,² Juana Palacios Lázaro.¹

RESUMEN

Se realizó un estudio de la actividad insecticida de extractos de hojas y frutos de tres especies de meliaceas. Los extractos se prepararon usando etanol, acetona, éter y agua. Las preparaciones de *Trichilia hirta* y *Melia azedarach* resultaron con una mayor actividad contra las larvas de *Culex quinquefasciatus*. Los extractos etanólicos y con acetona de semilla de *T. hirta* tuvieron CL50's de 60 y 629 ppm, respectivamente, asimismo, los extractos etanólicos y con acetona de pulpa de *M. azedarach* presentaron CL50's de 996 y 936 ppm, respectivamente.

Palabras clave: Meliaceae, *Trichilia hirta*, *Melia azedarach*, *Culex quinquefasciatus*, CL50.

ABSTRACT

Leaves, seed and fruit extracts of three Meliaceae species were studied for insecticidal activity. Extracts were prepared using ethanol, acetone, ether and water. Preparations of *Trichilia hirta* and *Melia azedarach* exhibited higher activity on *Culex quinquefasciatus* larvae. Ethanol and acetone extracts of *T. hirta* seeds had LC50's of 60 and 629 ppm, respectively. On the other hand, ethanol and acetone extracts of *M. azedarach* fruits had LC50's of 996 and 936 ppm, respectively.

Keywords: Meliaceae, *Trichilia hirta*, *Melia azedarach*, *Culex quinquefasciatus*, LC50.

INTRODUCCION

El estudio de *Azadirachta indica* (Meliaceae) como fuente de obtención de tetranortriterpenoides, ha dado como resultado la obtención de compuestos que presentan un gran futuro como antialimentarios, reguladores del crecimiento, de la reproducción, así como otros efectos sobre los insectos. Tal es el caso del Azadirachtin cuyas cualidades como agente de control de insectos parecen ser ideales para una herramienta de los programas de manejo integrado de plagas. Derivado del conocimiento de aproximadamente 10 años sobre esta planta, se ha estudiado también a la especie *M. azedarach* por su cercanía taxonómica con *A. indica* y se han descubierto nuevos compuestos terpenoides del mismo tipo. En *A. indica* los más importantes son: Azadirachtin y Deacetylazadirachtinol y para *M. azedarach*, 1-cinnamoylmelianone y 1-cinnamoyl-3, 11-dihydroxymeliacarpin (Lee, 1991).

Otras meliaceas han sido retomadas con este fin, tal es el caso de *Trichilia havanensis* (López *et al.* 1991), *Sweetenia humilis* (Kubo, 1981), *Cedrella odorata* (Arenas, 1984; Ortega *et al.* 1992). Sin embargo, en estos últimos casos no se ha avanzado más allá de la evaluación de la actividad de extractos en bruto en variadas formas, sin involucrarse mucho en la caracterización y aislamiento de los compuestos activos.

Este trabajo intenta producir información adicional y sistematizada sobre el efecto insecticida de extractos de 3 especies de meliaceas del estado de Jalisco, México, con el propósito de establecer una base biológica para el estudio químico que permita el aislamiento y la caracterización de entidades responsables de la actividad en el futuro.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio (temperatura $27 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa $\pm 5\%$) en el Laboratorio Bosque La Primavera de la Universidad de Guadalajara.

¹ Pasante de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara.

² Profesores Investigadores del Laboratorio Bosque La Primavera, Universidad de Guadalajara, Emerson # 73, S. J. Guadalajara, Jalisco.

Las plantas utilizadas fueron aquellas taxonómicamente relacionadas con *A. indica* (árbol del neem): *T. hirta* colectada en Tesistan, Mpio. de Zapopan; *M. azedarach* colectada en la zona de amortiguamiento del bosque La Primavera y *C. odorata* que se colectó en San Ignacio Cerro Gordo, Mpio. de Tepatitlán.

La preparación de los extractos consistió en macerar 25 gr. de semilla, pulpa u hoja en 100 ml de solventes como agua, alcohol, acetona o éter. Se filtró en un embudo Buchner con papel filtro # 4. El extracto obtenido tuvo una concentración de 250,000 ppm.

Los bioensayos para determinar las CL50 de cada extracto sobre larvas de *C. quinquefasciatus* se realizaron de acuerdo con los procedimientos estándares de la OMS (Organización Mundial de la Salud). Se colocaron en vasitos de plástico 100 ml de agua destilada y 25 larvas del tercer instar tardío. Posteriormente se agrego 1 ml del extracto de 4 diluciones. Se utilizaron 4 repeticiones más un tésigo. La evaluación de la mortalidad acumulada se llevo a cabo a las 72 hr, y los datos fueron sometidos a análisis probit para calcular la CL50 y la línea de respuesta log-dosis-probit.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 muestra los resultados obtenidos en los bioensayos, en donde el extracto etanólico de semilla de *T. hirta* mostró una CL50 de 60 ppm. Zebitz, en 1986, reportó una CL50 de 26.14 para el extracto acuoso de semilla del neem (*A. indica*), así tenemos que el extracto de semilla-alcohol de *T. hirta* es 0.4x tan activo como el extracto acuoso de semilla de *A. indica*, lo que indica una actividad muy similar y esto se puede observar en la Figura 1. El resto de los extractos fueron menos activos, ya que sus CL50 sobrepasaron los 500 ppm. La mortalidad se observó casi siempre al momento de la muda del cuarto instar o bien a la muda pupal caracterizada por la retención de las características del estadio anterior. Esto coincide con la actividad de Azadirachtin reportada por Rembold *et al.* (1984), quien afirma que los diferentes tipos de Azadirachtinas interfieren en el desarrollo metamórfico de las larvas causando una pérdida del control del programa morfogénico.

Así, también, tenemos que los extractos a base de hojas de las tres especies no resultaron efectivas, ya que se obtuvo el 100% de sobrevivencia tanto en tratamientos como en testigos.

Cuadro 1. Dosis letales y ecuaciones probit para extractos de tres especies de meliáceas en larvas de *Cx. quinquefasciatus*.

Extracto	CL50	CL98	Línea d-probit
M. azedarach			
Pulpa			
Alcohol	996.5	25723	$y = 5.19 + 1.45(X-13.13)$
Acetona	936.7	27234	$y = 5.23 + 1.40(X-13.14)$
Agua	1268.6	59123	$y = 5.05 + 1.23(X-13.14)$
Semilla			
Alcohol	14172.5	146148	$y = 3.22 + 1.23(X-13.27)$
Acetona	6729.0	106240	$y = 3.98 + 1.71(X-13.23)$
T. hirta			
Pulpa			
Agua	3107.4	5448	$y = 4.07 + 8.42(X-13.38)$
Semilla			
Alcohol	60.7	960	$y = 7.03 + 1.71(X-12.97)$
Acetona	629.0	5210	$y = 5.64 + 2.23(X-13.08)$
Eter de P.	1690.9	9529	$y = 4.85 + 2.73(X-13.17)$
C. odorata			
Semilla			
Alcohol	892.6	4479	$y = 5.47 + 2.93(X-13.11)$
Acetona	1175.2	35701	$y = 5.10 + 1.38(X-13.14)$
Agua	10077.0	211978	$y = 3.83 + 1.55(X-13.25)$
Azadirachta indica (Zebitz, 1986)			
Semilla			
Agua	26.14		

CONCLUSIONES

- Los extractos de *T. hirta* poseen principios activos similares a los reportados para *A. indica*.
- Los extractos de *T. hirta*, principalmente los etanólicos, tienen una actividad insecticida, como reguladores del crecimiento, comparable a los de *A. indica*.
- En *M. azedarach* los extractos que mostraron mayor actividad insecticida son aquellos que se elaboraron con la pulpa del fruto.
- Los extractos de frutos mostraron, en general, una mayor actividad insecticida que los extractos de hojas.
- Los extractos con etanol y acetona fueron en general más activos que los extractos acuosos en todas las especies.

LITERATURA CITADA

- Arenas, L. C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Una alternativa por explotar. Tesis Profesional de la Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F.

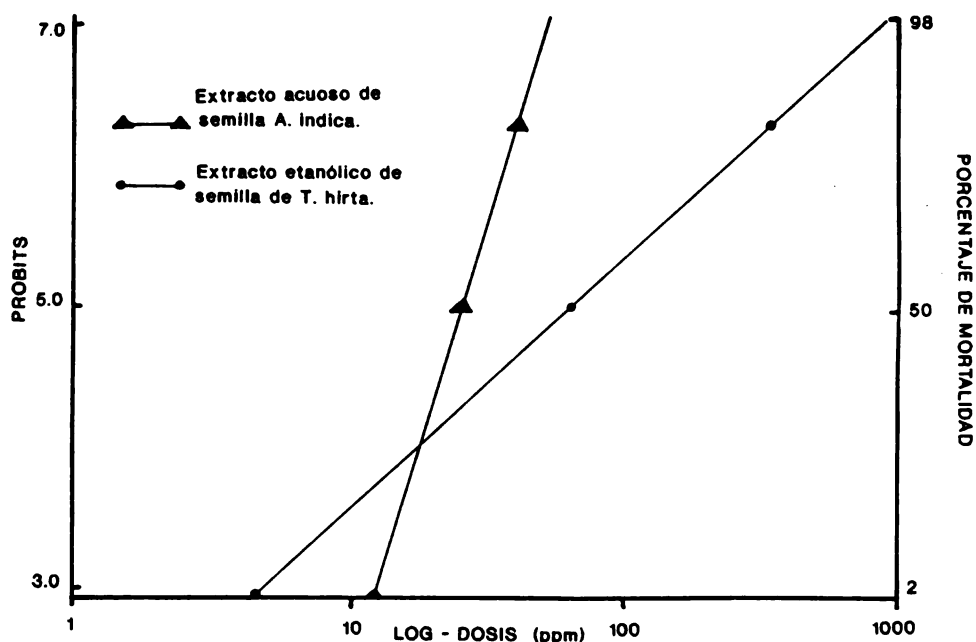


Figura 1. Líneas probit de mortalidad de larvas de *Culex quinquefasciatus* con extractos de *Azadirachta indica* y *Trichilia hirta*. Lab, Bosque la Primavera, U. de G. 1993.

Kubo, I., J.A. Kloche and S. Asaro. 1981. Insect ecdysis inhibitors from the east african medicinal plant *Ajuga remota* (Labiatae). *Agricultural Biology*.

Kraus, W., S. Baumann, M. Bokel, V. Keller, A. Klenk, M. Klingele, H. Pohnl and M. Schwinger. 1986. Control of Insect feeding and development by constituents of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica*. *Procc. 3er Int. Neem Conf., Nairobi* pp. 111-125.

Lee, S. Mark., James A. Kloche, Mark A. Barnby, R. Bryan Yamasaki and Manuel F. Balandrin. 1991. Insecticidal constituents of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* (Meliaceae). *Naturally Ocurring Pest Bioregulators* by Paul A. Heidin, 19, 293-304.

López, O.J.F. y A. Aragón G. 1991. Pruebas de campo con polvos vegetales para el combate de "gallina ciega" (*Phyllophaga* spp) y "gusano cogollero" (*Spodoptera frugiperda* Smith) en la Sierra Norte de Puebla. II Simposio Nacional Sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas.

Makanjuola, W.A. 1989. Evaluation of extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) for the control of some stored product pest. *J. Stored Prod. Res.* Vol 25(4) 231-237.

Ortega, L.D., C. Rodriguez H., A. Campos R. y J.L. Sosa C. 1992. Actividad protectora de siete polvos vegetales y una ceniza, Veracruz. *Memorias del XXVII Congreso Nacional de Entomología.* S.L.P. pp. 200.

Rembold, H., H. Forster, Ch. Czoppelt, P.J. Rao y K.P. Sieber. 1984. The Azadirachtins, a group of insect growth regulators from the neem tree. In *natural pesticides from the neem tree and other tropical plants.*, por H. Schmutterer y K.R.S. Ascher. GTZ Press, Eschborn. W. Germany. 153 pp.

Schmutterer, H. 1987. In *CRC Handbook of Natural Pesticides, Vol. III, Insect Growth Regulators, Part B*, Morgan, E.D., Mondava, N.B., Eds.; CRC: Boca Ratón, Florida pp. 119-170.

Wen, J.H. and H. Schmutterer. 1991. Effects of extracts from fruit and leaves of *Melia azedarach* L. on *Locusta migratoria migratoroides* (R. & F.) Anz. *Schadlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 64, 128-133.

Zebits, C.P.W. 1986. Potencial of neem seed kernel extracts in mosquito control. *Procc. 3er Int Neem Conf. Nairobi.* pp 555-573.

INHIBICION DE LA GERMINACION DE *Botrytis* sp Y *Phragmidium* sp CON EXTRACTOS ACUOSOS DE MELIACEAS Y LILIACEAS

Gil Virgen C*, Marcelino Vázquez G*, Jorge M.López T** y M. Rosa Salas**

RESUMEN

Se determinó la inhibición de la germinación de *Botrytis* sp. y *Phragmidium* sp. con extractos acuosos de meliaceas y liliaceas, mediante la técnica de "gota". Los mejores extractos fueron; *Melia azedarach* (fruto) y *Manfreda jaliscana* (bulbo) para la inhibición de *Botrytis* sp. dando un 4.65 % y 15.81 % de germinación, respectivamente. Mientras que *Prochyanthes mexicana* (bulbo) y *M. azedarach* dieron un 9.99 % y 10.66 % respectivamente, para la inhibición de *Phragmidium* sp.

Palabras clave: Meliaceas, Liliaceas, Inhibición, *Botrytis*, *Phragmidium*.

ABSTRACT

Germination inhibition of *Botrytis* sp and *Phragmidium* sp was obtained by mean Meliaceas and Liliaceas extracts using drop method. Best results were obtained with *M. azedarach* (fruit) and *Manfreda jaliscana* for germination inhibition of *Botrytis* with a 4.65 and 15,8% respectively. On the other hand *Prochnyanthes mexicana* and *M. azedarach* (fruit) gave 9.99 and 10.66% respectively of *Phragmidium* germination inhibition.

Key words: Meliaceae, lileaceae, inhibition, *Phragmidium*, *Botrytis*.

INTRODUCCION

Las enfermedades causadas por *Botrytis* probablemente son las más comunes y ampliamente distribuidas en el mundo, atacando cultivos como; hortalizas, frutales, plantas ornamentales y muchas en productos almacenados. Mientras que *Phragmidium* causa roya en rosal, provocando severos daños a las plantas susceptibles (Agrios, 1988). El control de ambas enfermedades se ha limitado en gran medida a la aplicación de fungicidas sintéticos. Sin embargo, la demanda del público para reducir el uso de plaguicidas en nuestra cadena alimenticia, ha dado motivo para la búsqueda de alternativas de control; dado que en 1987 el NRC (National Research Council) reporta que el 60% de los fungicidas son oncogénicos (Wilson y Wisniewski, 1992). Una alternativa en el control de enfermedades ha sido la búsqueda de plantas con propiedades fungicidas o fungiestáticas, para evitar el uso constante de agroquímicos que puedan provocar resistencia de los patógenos y/o toxicidad a la salud (Hernández y Granados, 1992). Grainge y Ahmes (1988) establecieron un listado de plantas con potencial fungicida, destacando entre ellas algunas liliaceas.

Asimismo *Azadirachta indica* (meliaceae) se ha reportado que posee propiedades antibacterianas y fungicidas (Siddiqui, *et al*, 1992, y Koul, *et al*, 1990). Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fué la búsqueda de plantas meliaceas y liliaceas con potencial fungicida para el control de *Botrytis* y *Phragmidium*.

MATERIALES Y METODOS

Colecta de plantas.

Las plantas utilizadas en el presente estudio fueron: *Melia azedarach* (meliaceae) (hoja y fruto) colectada en el Mpio. de Zacoalco, Jal., *Trichilia hirta* (meliaceae) (fruto) colectada en Tesistán Mpio. de Zapopan, Jal. Mientras que las liliaceas utilizadas fueron: *Manfreda jaliscana*, *Prochnyanthes mexicana*, *Sprekelia formosissima* colectadas en el Bosque la Primavera, y *Manfreda guttata* colectada

* Profesor Investigador del Lab. Bosque la Primavera de la U. de Guadalajara. Emerson #73 S.J. Guadalajara, Jal. CP 44140.

** Pasante de la Fac. de Agronomía de la U. de Guadalajara.

en San Ignacio Cerro Gordo Mpio. de Arandas, Jal. Se utilizó el bulbo para todas ellas.

Obtención del extracto.

Se pesaron 12.5 gr de las diferentes partes utilizadas, estas se maceraron en 50 ml. de agua destilada estéril. Posteriormente se filtró en un embudo Buchner, con papel filtro Whatman No.4. El extracto obtenido se consideró a una concentración del 25% (250,000 ppm), éste se diluyó en agua para obtener una concentración de 2,500 ppm para cada uno de los extractos.

Pruebas de inhibición *in vitro*.

Los hongos utilizados fueron *Botrytis* sp aislado de hojas de *Euphorbia* y cultivado en medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar), asimismo se obtuvo una suspensión de uredosporas de *Phragmidium* directamente de hojas de rosal infectadas por dicho patógeno.

Se utilizó la técnica de "gota" para la inhibición de la germinación. Para ello se colocó en un portaobjeto una gota de cada uno de los extractos, adicionando las conidias y/o uredosporas, se incluyó además un testigo (agua). Estos portaobjetos se colocaron en cámara húmeda para evitar la desecación de la gota. Se realizaron tres repeticiones para cada uno de los extractos y el testigo. La germinación se contó a las 24 hr, y se consideró como germinación de las conidias y/o uredosporas cuando la longitud del tubo germinativo fue mayor que la longitud total de la conidia y/o uredospora. Dicho conteo se realizó en el objetivo de 20X en un sólo campo por repetición.

Para el análisis de los resultados se realizó un ANVA y prueba de tukey para conocer la significancia entre tratamientos, así mismo se corrigió la inhibición mediante la fórmula de Abbot.

RESULTADOS y DISCUSION

Los Cuadros 1 y 2 muestran los resultados obtenidos para la inhibición de *Botrytis* y *Phragmidium*.

Aquí se puede observar que los mejores extractos fueron *M. azedarach* (fruto) y *M. jaliscana* para *Botrytis*, mientras que *P. mexicana* y *M. azedarach* (fruto) tuvieron una mayor inhibición

para *Phragmidium*, aunque no existe diferencia significativa con *T. hirta*.

Cuadro 1. Eficiencia de extractos vegetales y porcentaje de germinación de conidias de *Botrytis* sp.

Extracto	% de germinación	inhibición corregida
<i>M. azedarach</i> (fruto)	4.65 A*	94.98
<i>M. jaliscana</i>	15.81 AB	82.93
<i>M. guttata</i>	56.72 BC	38.76
<i>S. formosissima</i>	65.11 BC	29.70
<i>M. azedarach</i> (hoja)	94.28 C	—
Testigo	92.63 C	—

* Tratamientos con letras iguales son estadísticamente iguales. Tukey (0.05)

Cuadro 2. Eficiencia de extractos vegetales y porcentaje de germinación de uredosporas de *Phragmidium* sp.

Extracto	% de germinación	inhibición corregida
<i>P. mexicana</i>	9.99 A*	96.04
<i>M. azedarach</i> (fruto)	10.66 A	94.97
<i>T. hirta</i>	23.27 AB	74.68
<i>M. guttata</i>	55.87 BC	13.83
<i>S. formosissima</i>	57.53 C	13.17
<i>M. azedarach</i> (hoja)	59.13 C	8.36
Testigo	62.02 C	—

* Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente Tukey (0.05)

Se ha determinado que compuestos tales como meliacin y meliacarpin, ambos del grupo de tetranortriterpenoides, están presentes en *M. azedarach* (Lee *et al*, 1991). Probablemente estos compuestos sean los principios activos contra *Botrytis* y *Phragmidium*. Asimismo no existe reporte de que *M. jaliscana* y *P. mexicana* inhiban *Botrytis* y a *Phragmidium* (Grainge y Ahmes, 1988), esto puede deberse a que dichas liliáceas se restringan a áreas endémicas de México. Sin embargo en otras liliáceas, como el ajo, se ha reportado que posee propiedades fungicidas y antibacterianas, debido a la presencia de Allicin y Ajoene (Rode *et al*, 1989; Singh *et al*, 1990 y Singh, 1992). Estos compuestos o algunos similares pudieran estar presentes en las liliáceas utilizadas en este trabajo, sin embargo se necesita hacer un estudio de sus componentes.

CONCLUSIONES

M. azedarach y *P. mexicana* representan una buena alternativa en el control biológico de *Botrytis* y *Phragmidium*.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1988. Plant pathology. Third edition. Academic Press. U.S.A. 803p
- Grainge, M and S. Ahmes. 1988. Handbook of plant with pest control properties. Wiley & Sons. U. S.A. 470p.
- Hernández, H.L.U y A.N. Granados. 1992. Actividad de extractos de leguminosas sobre hongos causantes de enfermedades en frutos de postcosecha en condiciones de laboratorio. Memorias del XIX congreso Nal. de Fitopatología. Saltillo, Coah. p 162.
- Koul, O; M. B. Isman and C. M. Ketkar. 1990. Properties and uses of Neem *Azadirachta indica* Can. J.Bot. 68: 1-11
- Lee, S.M; J.A. Klocke; M.A. Barnby; R. Bryant And M.F. Balandrin. 1991. Insecticidal constituents of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* (meliaceae). In: Naturally occurring pest bioregulators Ed. Paul A. Hedin. P 294-304. ACS Symposium Series 449. USA.
- Rode, H., P.M. de Wet and C. Cywes. 1989. The antimicrobial effect of *Allium sativum* L (garlic). S.Afr.J.Sci. 85:462-464
- Siddiqui, S., S. Faizi., B.S. Siddiqui and Ghiasuddin. 1992. Constituents of *Azadirachta indica*: Isolation and Structure elucidation of a new antibacterial tetranortriterpenoid, mahmoodin, and a new protolimonoid, naheed. J. Nat. Prod. 55:303-310
- Singh, U.P., V.B. Chaunan., K.G. Wagner and A.Kumar. 1992. Effect of ajoene, a compound derived from garlic (*Allium sativum*) on *Phytophthora drechslerif.sp.cajani*. Mycologia 84: 105-108.
- _____, V.N.Pandey., K.G. Wagner and K.P. Singh. 1990. Antifungal activity of ajoene, a constituent of garlic (*Allium sativum*). Can. J. Bot. 68:1354-1356.
- Wilson, C.L. and M.E. Wisniewski. 1992. In: Biological control of plant diseases. Ed. E.S.Tjamos *et al.* Plenum Press. p 133-138.

**Se terminó de imprimir en noviembre de 1993 en
Editorial Futura
con un tiraje de 1000 ejemplares**

COMITE COORDINADOR

**Dr. Carlos Sosa-Moss
Coordinador**

**Dr. Aquiles Carballo Carballo
Vocal**

**Dr. Salvador Miranda Colín
Vocal**

SUPERVISION DE FORMATO

Lic. Mario S. Nájera Figueroa

COMPUEDICION

Prog. Alejandro Rojas Sánchez



