

IICA-CIDIA  
UNIDAD DE SERVICIOS  
BIBLIOTECARIOS Y DE  
DOCUMENTACIÓN

IICA-CIDIA

# PROCIANDINO

## XI SEMINARIO

### LABRANZA DE CONSERVACION EN MAIZ

PROCIAN-  
ICA  
07  
273

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA PARA LA SUBREGION ANDINA  
BOLIVIA COLOMBIA ECUADOR PERU VENEZUELA

IICA







**IICA-CIDIA**

**PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA  
PARA LA SUBREGION ANDINA  
P R O C I A N D I N O**

IICA-CIDIA  
UNIDAD DE SERVICIOS  
BIBLIOTECARIOS Y DE  
DOCUMENTACION



**XI SEMINARIO**

**LABRANZA DE CONSERVACION EN MAIZ**

**Editores:**

**Héctor Barreto  
Robert Raab  
Armando Tasistro  
Alejandro D. Violic**

**El Batán, México  
Diciembre, 1989**

BV00 4480

PROCIAN  
IICA  
807  
0273

Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para  
la Subregión Andina - PROCIANDINO  
Dirección Postal: Apartado 201-A  
Mariana de Jesús 147 y La Pradera  
Quito, Ecuador

Editores: Héctor Barreto  
Robert Raab  
Armando Tasistro  
Alejandro D. Violic

00001821

**CITACION**

IICA-BID-PROCIANDINO. 1989. XI Seminario. Labranza de Conservación en Maíz. Ed. por H. Barreto, R. Raab, A. Tasistro y A. D. Violic. Batán, México. PROCIANDINO.  
195 p.

Aspectos físicos y químicos del suelo/CIMMYT/Control de malezas/Diseño y ejecución de experimentos en fincas/investigación en fincas/Labranza de conservación/Maquinaria agrícola.

Esta Memoria corresponde al Seminario de Sistemas de Producción con Énfasis en Labranza Mínima, evento codificado como 1.2.2 en el Plan Trienal de las actividades técnicas del Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina - PROCIANDINO.

Fue organizado por el CIMMYT, entidad que integra el Convenio IICA-BID-PROCIANDINO, para asegurar a las instituciones nacionales de investigación agropecuaria de los países participantes, la utilización de los resultados tecnológicos obtenidos en los Centros Internacionales de Investigación Agrícola establecidos en América Latina.

Coordinador CIMMYT: Alejandro D. Violic

Coordinador IICA-PROCIANDINO:

B. Ramakrishna.



## **PRESENTACION**

**El Seminario de Labranza de Conservación en Maíz fue organizado por el CIMMYT, en concordancia con el Equipo Técnico del PROCANDINO, contando con la participación de investigadores de los países del Area Andina y un grupo de connotados especialistas de ese Centro Internacional.**

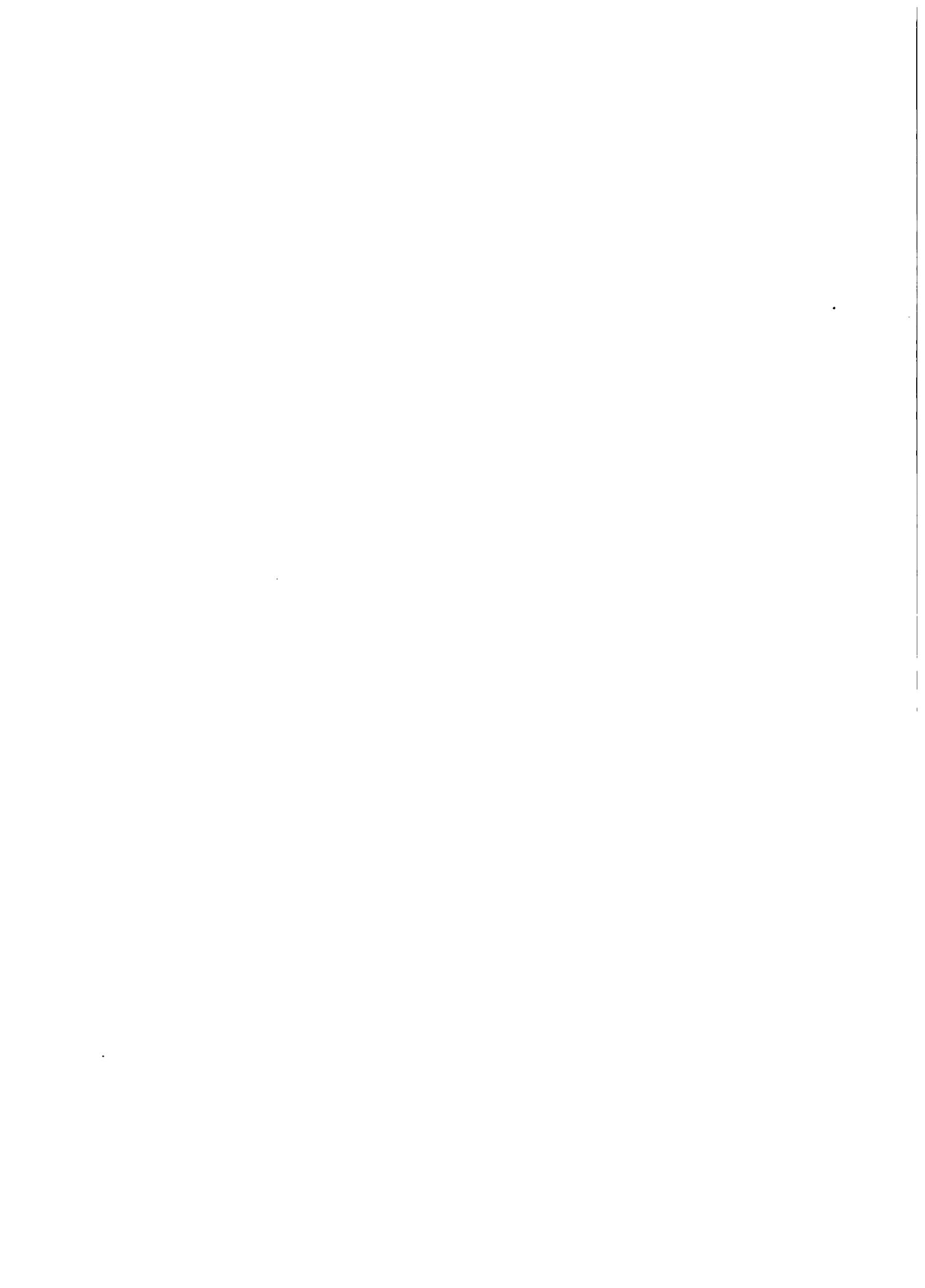
**Sostenidamente, el CIMMYT ha desarrollado importantes avances tecnológicos en labranza de conservación, siendo el evento mencionado un escenario apropiado para su análisis y difusión a los países a través de los investigadores asistentes.**

**En el Seminario se abordaron diversos espectros de la labranza conservacionista como estrategia de producción y productividad, y su interacción como sistema con el suelo, la planta y el ambiente. Adicionalmente, se intercambiaron experiencias en aspectos operacionales y procedimentales para la generación y validación de tecnologías a nivel de fincas de productores.**

**Por su parte, nuevamente el CIMMYT ha evidenciado su sostenido aporte en la planificación y ejecución de eventos para profesionales dentro del marco del PROCANDINO, con la consecuente repercusión en el fortalecimiento de los programas nacionales de investigación de los países del Programa. Además de la participación de especialistas y la cobertura de la logística institucional del CIMMYT para la realización de este evento, se agrega la producción editorial de los trabajos recogidos en esta Memoria.**

**Esperamos el efecto multiplicador de los resultados, a través de los investigadores participantes y la publicación de estas Memorias que estarán a disposición de los interesados en los países del Programa. Igualmente, confiamos concertar esfuerzos para continuar, por parte de los países, el aprovechamiento de las tecnologías generadas por el CIMMYT y se sigan consolidando los mecanismos de cooperación recíproca entre las instituciones nacionales de investigación agrícola de la Subregión Andina.**

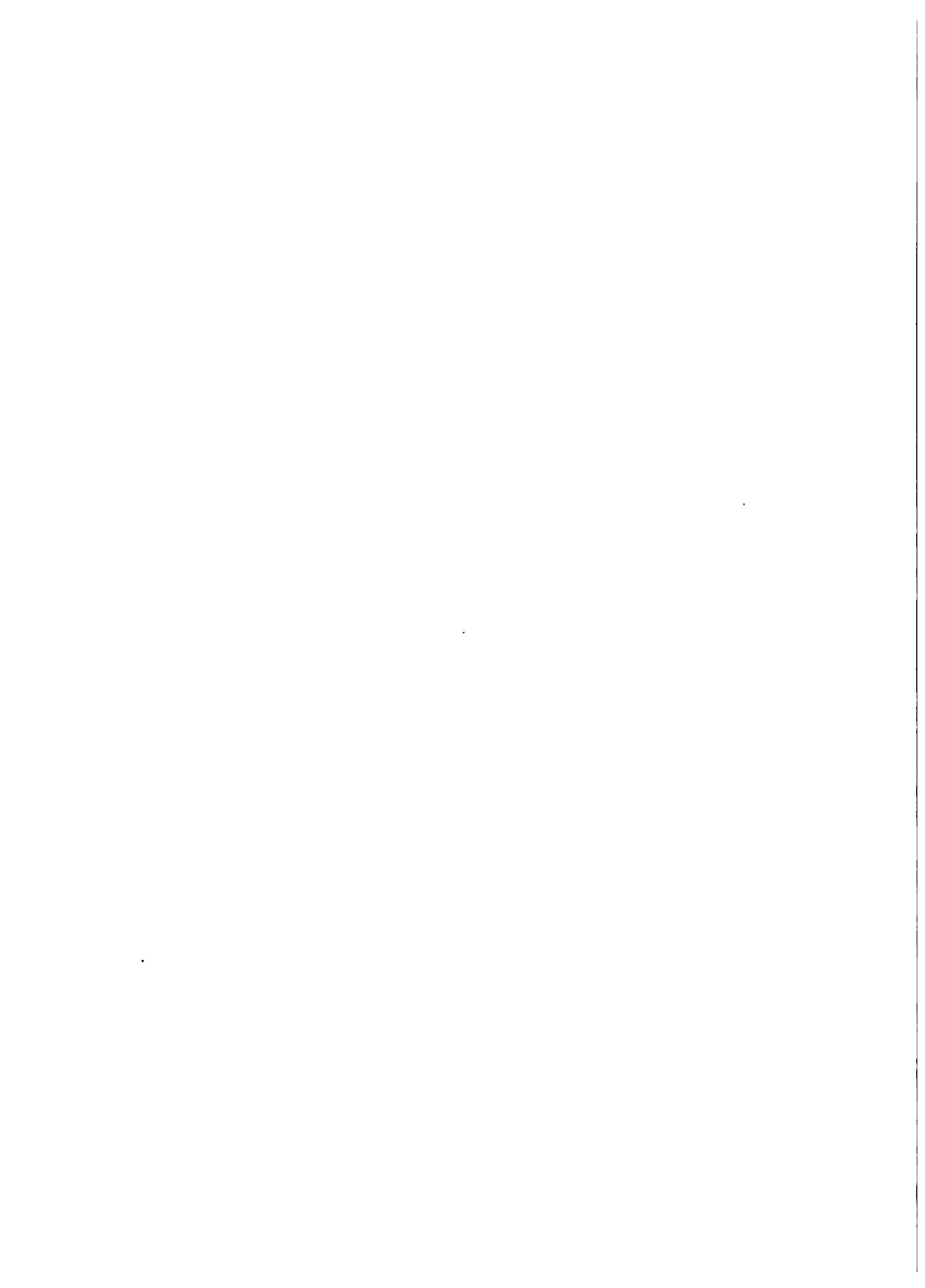
**Nelson Rivas Villamizar  
DIRECTOR PROCANDINO**



# ***LABRANZA DE CONSERVACION EN MAIZ***

---

***Editores:*** Héctor Barreto  
Robert Raab  
Armando Tasistro  
Alejandro D. Violic



# **LABRANZA DE CONSERVACION EN MAIZ**

**Los trabajos que se incluyen en este documento corresponden a algunas de las conferencias dictadas por los autores citados durante el curso especializado *Labranza de Conservación en Maíz* realizado por CIMMYT/PROCIANDINO en la sede del CIMMYT (El Batán, México) del 21 al 26 de marzo de 1988.**

**Las ideas expresadas en esta serie de trabajos representan las opiniones de los autores respectivos y no las del CIMMYT.**

## **Agradecimientos**

*Un agradecimiento muy especial se debe a Robert Rabb, quien con mucha diligencia preparó el primer borrador de esta publicación.*

*Se expresan las gracias a Tom Luba, Mike Listman y Tiff Harris, del departamento Servicios de Información de CIMMYT, por la elaboración de esta versión del documento.*

*La edición técnica es obra de los autores respectivos bajo la coordinación de Héctor Barreto, Armando Tasistro y Alejandro Violic.*

*Finalmente, se les agradece a todas aquellas personas que intervinieron en la exitosa realización del curso *Labranza de Conservación en Maíz*:*

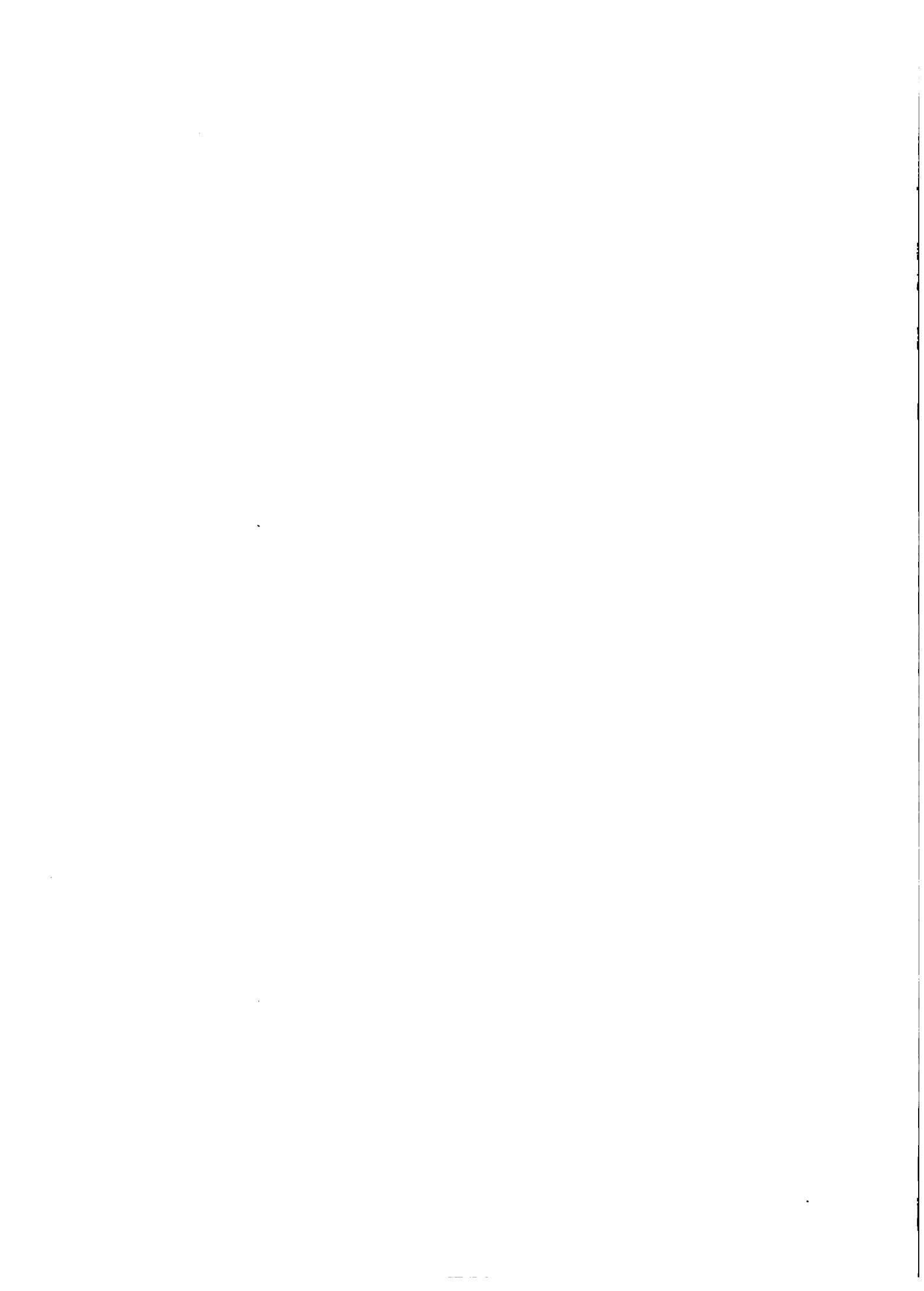
*James Barnett  
Héctor Barreto  
Jorge Bolaños  
Alberic Hibon  
Ron Knapp*

*Renee Lafitte  
Hanni Muhtar  
Alejandro Ortega  
Armando Tasistro  
Alejandro D. Violic*

**El Batán, septiembre de 1989**



- 1 Breve historia de la labranza de conservación**  
A.D. Violic
- 5 Labranza convencional y labranza de conservación:  
Definición de conceptos**  
A.D. Violic
- 13 Tendencias de adopción en sistemas de labranza de conservación**  
J. Barnett
- 19 Suelos en relación a labranza de conservación: Aspectos físicos**  
J. Bolaños
- 43 Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización,  
y enclavamiento en suelos bajo labranza cero**  
H.J. Barreto
- 71 Efectos de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento  
del maíz**  
H.R. Lafitte
- 91 Importancia relativa de plagas en labranza tradicional y de  
conservación: Una revisión de la literatura**  
A. Ortega
- 119 Control de malezas en maíz: Experiencias del CIMMYT en labranza  
de conservación en el trópico bajo de Veracruz, México**  
A.D. Violic, A.F.E. Palmer, y F. Kocher
- 133 Factores que afectan a los herbicidas**  
A. Tasistro
- 145 Herbicidas para el cultivo de maíz en el sistema de labranza  
de conservación**  
A. Tasistro
- 155 Experimentación sobre labranza cero en maíz en la región costera  
del norte de Veracruz**  
A.D. Violic, F. Kocher, A.F.E. Palmer, y T. Nibe
- 175 Manejo de experimentos en fincas bajo el sistema de labranza  
de conservación**  
B. Knapp y A.D. Violic
- 189 "CHIQUITA": Una sembradora tipo cero labranza para países  
en desarrollo**  
H. Muhtar



# ***Breve historia de la labranza de conservación***

---

A.D. Violic

## ***Introducción***

Antes de que el hombre primitivo se transformara de nómada en sedentario como resultado de sus incursiones en el campo de la agricultura, la Madre Naturaleza actuaba, y aún actúa, como agricultor de labranza-cero. Basada en los tres ingredientes principales, (v.g. suelo, humedad y luz solar), la naturaleza cubre la tierra de vegetación sin necesidad de labranza alguna. La producción de cultivos sin labranza tiene unos 7,000 años, o sea, es tan antigua como la agricultura.

Antes de la invención del arado, la preparación del suelo se limitaba a moverlo con algún implemento manual de piedra o de madera y a arrancar a mano las malezas que crecían junto a las plantas de interés económico. Se cree que fueron los egipcios quienes, hace unos 6,000 años, inventaron el arado de madera, que consistía en un palo en forma de gancho, arrastrado por un buey.

El maíz, especie que se domesticó en América hace unos 5,000 años, no existe en estado silvestre y sólo puede subsistir con la ayuda del hombre. Hasta antes del descubrimiento de América, los nativos lo producían bajo condiciones de labranza-cero, depositando semillas en un agujero hecho en la tierra con un palo aguzado. Se estima que en algunas regiones enterraban restos de animales en un hoyo vecino al de la semilla, como podía ser un trozo de pescado, que servía de alimento a las plantas. A veces, los antiguos agricultores quemaban la vegetación existente antes de sembrar el maíz.

El obispo Diego de Landa, quien visitó la península de Yucatán, en México, en 1549 describe en su libro "Relación de las Cosas de Yucatán", la forma cómo los nativos cultivaban el maíz. Indica que los Mayas quemaban los desechos vegetales, hacían hoyos con un palo puntiagudo, y colocaban en él, 5 ó 6 granos que cubrían con tierra allegada con el mismo palo.

Este sistema, forma primitiva de labranza-cero, no puede ser considerado como labranza de conservación, puesto que quemaban el rastrojo, dejando el suelo desprotegido y expuesto a la erosión.

Los españoles introdujeron a América el machete y el azadón, instrumentos que permitieron mejorar el sistema de control de malezas que, hasta entonces, se arrancaban a mano. En muchas regiones de México, Centro América y en partes de América del Sur, los campesinos tradicionales siguen usando el azadón y/o el machete como única forma de preparar el terreno para la siembra. Simplemente cortan la vegetación al ras del suelo, la dejan hilerada para sembrar maíz en los espacios libres o bien, la dejan desparramada, sembrando con espeque o coa (palo aguzado de madera) a través de la capa de mantillo.

El espeque sigue siendo utilizado hasta hoy por la mayoría de los pequeños agricultores de muchos países de América Latina.

La cama de semilla preparada con esta herramienta consiste en un agujero de 10 a 15 cm de profundidad. Una vez depositadas las semillas en el hoyo, éstas se cubren con un poco de tierra suelta o bien se dejan al descubierto, actuando la cavidad como una pequeña cámara húmeda de germinación. Dado que la punta del espeque es muy aguzada, el hoyo formado es muy estrecho, lo que impide que los pájaros puedan extraer la semilla.

---

Este sistema de siembra tan primitivo, se transforma fácilmente en un sistema moderno de conservación de suelos cuando se implementa con mantillo formado por los residuos vegetales del ciclo anterior con o sin herbicidas, fertilizantes e insecticidas, según el caso.

La introducción a América de animales de tiro, herramientas de metal y arado de madera, aumentó la capacidad del hombre para producir maíz y otros alimentos, pero tuvieron que pasar casi 300 años hasta que en los EE.UU., Thomas Jefferson desarrollara la fórmula matemática que dio origen al arado de vertedera de inversión del suelo, que fue patentado en 1796 y producido a partir de la década de 1830. El arado de vertedera ha sido usado por más de 150 años para controlar malezas, incorporar fertilizantes y enmiendas, y preparación de la cama de semillas. La introducción de la energía de vapor a los tractores en 1868 y de la energía del petróleo a comienzos del siglo XX significó una evolución gradual del arado y de otros implementos, tanto en complejidad como en tamaño. Hoy se cuenta con tractores de más de 300 HP capaces de mover implementos de labranza de gran tamaño.

Desde la invención del arado, tanto sus fabricantes como los agricultores y profesionales de la agricultura, han justificado la preparación del suelo en base a una serie de razones no del todo comprobadas científicamente, lo que motivó a Edward F. Faulkner a publicar en 1943, en los EE.UU., su libro titulado "Plowman's Folly" (Locura del arador) en la que afirmó que "nunca nadie ha presentado una razón científica que justifique arar el suelo". Su afirmación no ha podido ser rebatida.

Algunas de las razones que se han dado para justificar la preparación del suelo con implementos manuales o mecánicos son: Control de malezas, manejo e incorporación de residuos vegetales, aireación del suelo, preparación de la cama de semillas, control de enfermedades y/o insectos, mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, reducir la erosión (?), incorporación de fertilizantes, eliminación del pie de arado (?), mejoramiento de desarrollo radicular para hacerlo más "normal", etc. Sin embargo, hoy es fácil rebatir prácticamente todas las razones anteriores.

Las malezas se controlan mejor con herbicidas de contacto o translocables que matan la vegetación existente, y herbicidas residuales que previenen el crecimiento de nuevas malezas a partir de semillas. Los residuos vegetales, mejor que incorporarlos, son útiles en forma de mantillo para prevenir la erosión, bajar la temperatura del suelo en áreas tropicales, evitar pérdidas excesivas de agua por evaporación, mantener el suelo húmedo cerca de la superficie y prevenir la formación de costra en la superficie, que impide la infiltración del agua y el crecimiento normal del coleoptilo. Este mantillo disipa la energía cinética de las gotas de lluvia que, de otra manera, al impactar el suelo desnudo, producirían un desprendimiento de las partículas del suelo y dispersión de sus agregados y, por ende, encostramiento. La aireación del suelo, salvo en los casos de suelos con exceso de humedad, no constituye un problema en suelos no labrados. Se puede citar como ejemplo que el sistema radicular de un cultivo de maíz consiste en más de 120,000 km de raíces por hectárea que, al secarse, dejan suficientes

canalículos para la aireación, a menos que estos conductos sean destruidos por labores mecánicas. En cuanto a la preparación de la cama de semillas, ¿se puede justificar mover más de 7,000 toneladas de suelo por hectárea por el sólo hecho de proveer un lugar donde depositar cada semilla? Un hoyo hecho con un palo aguzado o un corte hecho por un disco de sembradora es más que suficiente para enterrar la semilla. En cuanto al control de enfermedades e insectos, en algunas regiones de clima templado se ha notado una mayor incidencia de algunos insectos y enfermedades asociadas con la presencia de residuos de vegetación del cultivo anterior, no así en algunas regiones de clima tropical o semitropical. La solución integral a estos problemas debe enfocarse hacia la producción de variedades resistentes o más tolerantes.

Se dice que se prepara el suelo para mejorar la estructura física del mismo, pero se ha demostrado la paradoja de que en algunos casos, cuanto más se trabaja el suelo, más se destruye la estructura. Por lo demás, el "pie de arado" y la compactación del suelo son consecuencias directas del uso de arados y rastras.

La preparación del suelo, más que contribuir a controlar la erosión, la ha intensificado. Se calcula que el arado de vertedera ha contribuido, en forma importante, a la pérdida de hasta la mitad de la capa arable en los suelos de los EE.UU durante el siglo pasado, aunque no puede desconocerse que ha ayudado a los colonizadores a conquistar el Oeste de esa nación y transformarla en el granero del mundo.

En lo que respecta a la necesidad de preparar el suelo a fin de poder incorporar fertilizantes, diversos trabajos de investigación indican que la eficacia de la utilización de algunos fertilizantes nitrogenados y fosfatados, aplicados en cobertura en sistema de labranza-cero con mantillo, es igual o superior al de la incorporación de los mismos bajo sistema de labranza convencional.

La labranza-cero con bases científicas, como alternativa de la labranza convencional, nació en la década de 1940 con el descubrimiento del 2, 4-D y otros herbicidas hormonales, que permitieron a los agricultores controlar malezas de hoja ancha sin recurrir a cultivadoras o al azadón. A estos compuestos derivados del ácido fenoxiacético se sumaron otros herbicidas como las triazinas, de efecto residual, las que en las décadas de los años 1950-1960 revolucionaron la producción del maíz. Pocos años después, la síntesis de herbicidas desecantes como el paraquat, ampliaron la base química de la agricultura de labranza reducida y labranza-cero de conservación.

---

## **Referencias**

- Gebhardt M.R., T.C. Daniel, E.C. Schweizer, and R.R. Allmaras. 1985. Conservation Tillage. *Science*, Vo. 230. pp. 624-629.
- Hayes, W.A. 1982. Minimum No-Till Farmer, Inc. Brookfield, Wisconsin. pp. 1-167.
- Faulkner, E.H. 1943. *Plowman's Folly*. University of Oklahoma Press. Norman
- Kocher F., A.D. Violic and A.F.E. Palmer. 1982. Experiencias de labranza-cero en el CIMMYT. Seminario sobre labranza reducida o mínimo laboreo. Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, Uruguay 3-7 mayo de 1972.
- Kocher F., A.D. Violic, and A.F.E. Palmer. 1983. Sistemas de labranza conservación y el agua en el suelo. Simposio "La sequía y su impacto en la agricultura". Universidad Autónoma de Chapingo, México. 21-22 nov. 1983.
- Landa, Diego de. 1938. *Relación de las cosas de Yucatán*. 7ª Edición.
- Morganthan, T. et al. 1982. The disappearing land. *Newsweek*, Aug 23. pp. 14-16.
- Phillips R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye and S.H. Phillips. 1980. No-tillage Agriculture. *Science*, Vol. 208. pp. 1106-1113.
- Phillips, S.H. 1984. No-tillage agriculture. Chapter I. van Nostrand, Reinhold Co.
- Shear G.M. 1985. Introduction and history of limited tillage. Monograph Series of the Weed Society of America. pp. 1-14.
- Tripplet, G.B. 1976. The pro's and con's of minimum tillage in corn. Proceedings of the 31st annual corn and sorghum conference. pp. 144-158.
- Tripplet, G.B. and D.M. Van Doren Jr. 1977. Agriculture without tillage. *Scientific American*, Vol. 231. No. 1. pp. 28-33.
- Young H.M. Jr. 1982. No-tillage farming. No-till farmer, Inc., Brookfield, Wisconsin. pp. 1-202.

# **Labranza convencional y labranza de conservación: Definición de conceptos**

---

A. D. Violic

El suelo se puede considerar como un sistema biológico formado por diversos componentes, arreglados y distribuidos en forma específica que le otorgan su estructura característica. Este sistema se mantuvo balanceado en la naturaleza hasta que el hombre comenzó a remover el suelo y cultivarlo, y someterlo a la acción de los elementos. Muchas de las áreas desérticas de la tierra fueron creadas por el hombre como consecuencia del uso indebido de los suelos y de los implementos utilizados en la labranza de los mismos. El uso de los suelos presenta más problemas en las zonas tropicales y subtropicales que en las templadas, pero paradójicamente, se sabe mucho más sobre como manejar los suelos de las regiones templadas que de los de las tropicales.

La agricultura primitiva fue de no-labranza, y así se cultivó el maíz en América durante unos 5,000 años, hasta la llegada de los españoles, aunque en muchas partes de este continente y de África, aún en nuestros tiempos, se produce el maíz sin preparar el suelo, según el método tradicional de corte o chapeo de la vegetación existente, a veces quemando los residuos. Desde este método primitivo hasta los más modernos sistemas mecanizados, existe toda una gama de procedimientos para producir maíz, que van desde la siembra con espeque o coa en suelos no preparados, hasta la siembra en suelos preparados con las maquinarias más modernas.

La labranza se puede definir como la manipulación química, física o biológica de los suelos para optimizar la germinación y emergencia de la semilla y el establecimiento de la plántula.

Dentro de toda la gama de sistemas de labranza existentes, se deberá elegir aquel que optimice la producción considerando :

- a) condiciones del suelo
- b) clima
- c) economía

En casos de suelos planos, no erosionables, muy compactables, cuando la disponibilidad de tiempo, de energía y capital no constituyan un impedimento, se puede preparar el suelo en forma convencional. En las demás circunstancias, se debe recurrir a algún sistema de labranza de conservación.

Debe tomarse muy en cuenta que los sistemas de labranza que se usen, tendrán influencia en los rendimientos del cultivo del maíz pues afectarán una serie de características del suelo: la humedad disponible en la temporada de crecimiento, la temperatura, la erodibilidad, la fertilidad, el pH, la cantidad de residuos del cultivo anterior que quedan en la superficie, así como la compactación, la cantidad de materia orgánica, y la incidencia de enfermedades, insectos, etc., sólo para nombrar las variables más importantes.

El hombre ha usado y abusado del suelo a través de la historia de la agricultura. Lo ha usado para su sustento y para la producción de alimentos para el resto de la sociedad, pero muchas veces, con o sin conocimiento, ha contribuido a su destrucción por no usar los métodos de labranza más adecuados para cada

---

circunstancia. La proliferación de maquinarias y los excesos en las labores primarias y secundarias en la preparación del suelo han jugado también un papel importante en la pérdida de este. Sin embargo, en los últimos 50 años, se han estado redefiniendo los objetivos de la labranza, en especial a principio de los años 40, cuando se observó el efecto del arsenito de plomo como agente herbicida, y se vio así la posibilidad de reducir las labores de cultivo. Poco después, la disponibilidad del 2,4-D como primer herbicida comercial, permitió efectivamente reducir las labores del cultivo al controlar eficientemente las malezas de hoja ancha.

En 1943, se comenzó a modificar el sistema tradicional de preparación del suelo, reemplazando el tradicional arado de vertedera por el de discos, lo que contribuyó a reducir la erosión del suelo, ya que este nuevo implemento dejaba sobre la superficie, una buena parte del rastrojo. En 1952, se probó por primera vez un sistema revolucionario que combinaba varias operaciones en una sola pasada de maquinaria. Mediante este sistema, se trabajaba sólo el surco de la siembra y se incorporaba el fertilizante en una misma operación. El descubrimiento de nuevos herbicidas, algunos selectivos, otros residuales y otros de tipo desecante, permitieron comenzar la producción de maíz con labranza mínima a partir de 1959, año en que, la atrazina comenzó a estar disponible en forma comercial.

El descubrimiento de muchos herbicidas de gran eficacia y el diseño de nuevos equipos de labranza permitieron modificar grandemente los sistemas tradicionales de preparación del suelo, siembra, fertilización, control de malezas y otras operaciones, y poner a disposición de los agricultores toda una gama de alternativas a la labranza convencional no conservacionista con base en el arado de vertedera. El nuevo sistema se conoció como labranza de conservación.

La labranza de conservación incluye las operaciones consistentes con las prácticas económicas que crean un ambiente apropiado para el desarrollo del maíz a la vez que optimiza la conservación de los recursos de agua y suelo. Según Wittmuss et al. (1973), la labranza de conservación es sinónimo de retención óptima o máxima de residuos en la superficie del suelo y la utilización de herbicidas en lugares en que no se efectúa o no se puede efectuar labranza.

La labranza de conservación se puede definir como un sistema que consiste en la pasada de arado de cincel o incluso no-labranza, que deja un mantillo protector en la superficie del terreno.

Para la Sociedad de Conservación del Suelo de América (1976) labranza de conservación es cualquier sistema que reduce la pérdida de suelo o agua, en comparación con la labranza convencional.

Siemens y Oschwald (1978) definen a la labranza de conservación como aquellos sistemas en los cuales se deja un residuo vegetal en la superficie, o se deja un suelo terronado para protegerlo de la acción del viento y agua.

Es obvio que, dado que el arado de vertedera, al invertir el suelo incorpora la mayor parte de los residuos vegetales, la labranza de conservación no involucra

en absoluto el uso de este implemento. El uso o no uso del arado de vertedera define la principal diferencia entre labranza convencional y labranza de conservación. Sin embargo, la principal diferencia entre ambos sistemas la da el Centro de Información de la Labranza de Conservación de los EE.UU. al recomendar que, para calificar como sistema de labranza de conservación, el sistema considerado debe permitir que, después de la siembra, no menos del 30% de la superficie del suelo debe quedar cubierta con residuos vegetales, que constituyen el mantillo. Esta definición se contrapone con la idea generalizada, pero errónea, de definir labranza de conservación sólo en función de los implementos usados en la preparación del suelo o del número de labores.

A veces se tiende a confundir la labranza de conservación con la labranza reducida. Esta última, tal como su nombre lo indica, significa simplemente que un agricultor que normalmente hace 10 o 12 pasadas con implementos por el campo durante todo el ciclo del cultivo, las reduzca a 8 o menos. Si su implemento principal sigue siendo el arado de vertedera o si no deja suficiente mantillo en la superficie del suelo, su sistema de labranza seguirá siendo convencional. Puede ser que simplemente reemplace labores de cultivo por aplicación de herbicidas, pero no por ello su sistema es necesariamente de conservación.

También, a menudo, se emplea la denominación de labranza mínima como sinónimo de labranza de conservación. Labranza mínima se refiere solamente a reducir al mínimo la cantidad de labranza para permitir una buena germinación de la semilla y establecimiento de la planta, según la Sociedad de Conservación del Suelo de los EE.UU., (1976).

En el Cuadro 1 se presentan algunos de los principales sistemas de labranza, las operaciones típicas de los mismos, la cantidad de residuo que permiten dejar sobre la superficie del suelo, y sus principales ventajas y desventajas. De los sistemas descritos, el primero de ellos, que se basa en la preparación del suelo con arado de vertedera, es el convencional o no conservacionista. El segundo y tercero de los sistemas de labranza, que usan arado de cincel o rastra excéntrica, serán de conservación si la cantidad de rastrojo que dejan sobre la superficie, es suficiente como para reducir la erosión. Johnson (1988), indica que una cobertura con mantillo de 20 a 30% en el momento de la siembra, por lo general, reducirá la erosión entre un 50 y 90% comparado con lo que ocurriría, si el suelo no estuviera protegido con mantillo, aunque destaca que otras variables pueden ser también importantes en el control de la erosión.

En el Cuadro 1 se describen también la labranza-cero mecanizada y la no mecanizada. La primera, según Young (1973), es una forma extrema de labranza de conservación en la cual se coloca la semilla en el suelo mediante un implemento que corta un tajo en el suelo a través de la vegetación del cultivo anterior, lo suficientemente ancho y profundo como para recibir la semilla. El Programa de Capacitación del CIMMYT, combinando lo más rústico, antiguo y tradicional del cultivo del maíz como, es el espeque o coa, y lo más moderno, como son los herbicidas selectivos, residuales y de contacto, ha desarrollado y usado desde 1973 en algunos de los experimentos de los cursos de capacitación sobre investigación en campos de agricultores, una labranza-cero con espeque, Violic et al.

**Cuadro 1. Operaciones típicas, residuos y principales ventajas y desventajas de algunos sistemas de labranza**

<b>Sistema</b>	<b>Operaciones típicas</b>	<b>% de residuos</b>	<b>Principales ventajas</b>	<b>Principales desventajas</b>
Arado de vertedera (convencional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arada</li> <li>• Dos pasadas con rastra de discos</li> <li>• Siembra</li> <li>• 1 ó 2 cultivos</li> </ul>	0 - 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prepara una cama fina de semilla</li> <li>• Excelente para incorporar residuos vegetales</li> <li>• Adaptable para suelos mal drenados</li> <li>• Amplio rango de opciones de manejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No controla la erosión</li> <li>• Alto costo en equipos y requerimientos de tracción</li> <li>• Uso depende de condiciones de clima y oportunidad</li> <li>• Puede causar daños al suelo</li> <li>• No recomendable para suelos rocosos</li> </ul>
Arado de cincel (labranza reducida)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arado</li> <li>• Discado</li> <li>• Siembra</li> <li>• 1 ó 2 cultivos</li> </ul>	30 o más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen control de erosión</li> <li>• Buena oportunidad para incorporar residuos</li> <li>• Adaptable a muchos tipos de suelo</li> <li>• Amplio rango de opciones de manejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede preparar suelo en exceso</li> <li>• Alto requerimiento de tracción</li> <li>• No recomendable para suelos rocosos</li> <li>• Alta pérdida de humedad del suelo</li> </ul>
Rastra descentrada (offset) (labranza reducida*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discado con offset</li> <li>• Discado</li> <li>• Siembra</li> <li>• 1 ó 2 cultivos</li> </ul>	30 o más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen control de erosión</li> <li>• Buena incorporación de residuos</li> <li>• Muchas opciones de manejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólo penetra 10 ó 15 cm</li> <li>• Requiere mucho poder de tracción</li> <li>• No apropiada para suelos pedregosos</li> <li>• Alta pérdida de humedad del suelo</li> </ul>
Labranza 0 mecanizada (labranza de conservación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de herbicida</li> <li>• Sembrar en suelo no preparado, con máquina provista de disco cortador ondulado que corta el rastrojo y abre un tajo donde se deposita la semilla</li> <li>• Aplicación de herbicidas de pos-emergencia</li> </ul>	65 - 90	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máximo control de erosión</li> <li>• Pequeño costo en combustible</li> <li>• Bajos costos de mano de obra</li> <li>• Requiere poco poder de tracción</li> <li>• Apropiada para suelos de textura gruesa</li> <li>• Mejora la estructura del suelo</li> <li>• Menos pérdida de humedad</li> <li>• Mejor aprovechamiento del agua de lluvia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay oportunidad de incorporar residuos</li> <li>• No apropiados para suelos mal drenados</li> <li>• Se requiere mejor conocimiento sobre manejo</li> <li>• Dependencia mayor de productos químicos</li> </ul>
Labranza 0 con espeque para pequeños agricultores (labranza de conservación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapeo con machete</li> <li>• Semillas depositadas en hoyo hecho con espeque</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máximo control de erosión</li> <li>• No necesita maquinaria</li> <li>• Bajo costo de mano de obra (excepto siembra)</li> <li>• Apropiada para suelos de cualquier textura, pendiente pedregosidad</li> <li>• Mejora la estructura del suelo</li> <li>• Menor fijación del fósforo</li> <li>• Menos pérdida de humedad y mejor aprovechamiento del agua de lluvia o riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay oportunidad de incorporar residuos</li> <li>• No apropiado para suelos mal drenados</li> <li>• Se requiere de mayor conocimiento de manejo</li> <li>• Posible mayor uso de productos químicos</li> </ul>

(1982,1983), Kocher et al. (1982). El método se desarrolló en el área norte del estado de Veracruz, México, y presenta muchas ventajas sobre el sistema tradicional en cuanto a costos, conservación de suelo y agua, estabilidad del rendimiento y reducción del riesgo.

El área del estudio presenta una altura inferior a los 200 m.s.n.m. y está a 21 grados de latitud norte. La caída pluviométrica de 1200 mm anuales, permite producir dos ciclos de maíz por año, aunque se presentan años muy lluviosos y años de sequía, con los problemas correspondientes de capas freáticas muy altas o de períodos prolongados de falta de lluvia. La oportunidad para efectuar las operaciones de labranza y cultivos para el control de las malezas en el área, caracterizada por la predominancia de suelos vertisoles muy pesados, presenta serios problemas para los agricultores, que se ven agravados por el hecho de que en la mayoría de los casos, la maquinaria es arrendada. Por esta razón, muy pocas veces ésta se encuentra disponible en el momento oportuno. Los métodos más comunes de preparación del suelo para la producción del maíz consisten en una labor de arado seguida de una o dos pasadas de rastra de discos y, a veces, surcado. Esta labranza convencional es más común en los suelos planos. En los de pendiente, es común que los agricultores "afeiten" la vegetación residual con machete o azadón. En estos casos, los agricultores manejan el mantillo de diversas maneras: algunos lo queman, pero otros lo acomodan entre pares alternados de hileras de maíz, o lo distribuyen uniformemente sobre el campo. Así, algunos agricultores usan labranza convencional, otros usan labranza-cero sin mantillo, mientras que otros emplean, inconscientemente en la mayoría de los casos, labranza de conservación.

Sin embargo, con sólo unas poquísimas excepciones, el uso de herbicidas no constituye una práctica normal de estos sistemas. En aquellos pocos casos en que se usa algún herbicida, por lo general, los agricultores usan el producto que no corresponde, en dosis y época de aplicación no adecuadas, con resultados deficientes. Por eso los agricultores deben confiar en el sombreado que produce el mantillo y/o recurrir al uso del azadón o machete para el control de las malezas, operación que invariablemente ejecutan a destiempo, con la consiguiente ineficiencia del desmalezado que, de esta manera, sólo contribuye a mejorar el aspecto visual del campo, sin influir grandemente en el rendimiento. Es insignificante el número de agricultores que usan cultivadora de tracción animal. Como la siembra se efectúa con espeque, no es posible cultivar con cultivadora montada sobre tractor. Es muy común que un agricultor tenga que desmalezar con azadón 1 ó 2 hectáreas, tomando esta labor entre 15 y 20 días-hombre por hectárea.

Más de 20 ciclos de prueba efectuados en el norte de Veracruz, en presencia de cantidades variables de mantillo proveniente de cultivos anteriores o simplemente de malezas, en donde se probaron muchos herbicidas, sólo o en combinaciones, así como dosis y métodos de aplicación, han permitido determinar que la manera más segura, sostenida y a la vez efectiva para producir maíz con labranza de conservación es la que se describe a continuación.

---

Cuando las malezas que cubren el terreno en la etapa previa a la siembra del maíz, presentan una altura superior a unos 30 cm, se procede a chapearlas, o asperjarlas con un herbicida de contacto o desecante (paraquat), al que se le agrega un humectante-adherente no iónico. Esta operación tiene por objeto bajar la altura de las malezas a unos 20-30 cm. El corte también puede efectuarse mecánicamente con una chapeadora movida por un tractor o bien, mediante machetes. Algunos denominan la quema con herbicidas como "machete químico".

La acción desecante del herbicida toma unos 2 a 4 días, después de cuyo período se procede a sembrar con espeque o con máquina sembradora, aplicando simultáneamente los fertilizantes al voleo. Se completa la operación asperjando nuevamente con el mismo herbicida desecante combinado con alguna triazina sólo o combinada con alaclor. El desecante secará las malezas sobrevivientes de la primera aplicación y la triazina actuará como herbicida residual, para evitar el crecimiento de nuevas malezas provenientes de semillas. En un ciclo posterior de labranza-cero en una rotación maíz-maíz y en los siguientes, la dosis de triazina se puede rebajar significativamente.

Cuando la altura de las malezas es menor que 30 cm o cuando son ralas, se puede sembrar el maíz directamente y asperjar después con una mezcla de herbicidas desecantes y residuales.

En los campos con manchas de pastos perennes, será necesario tratarlas por lo menos una semana antes de la primera aplicación de paraquat, con un herbicida translocable como el glifosato.

Si durante el crecimiento vegetativo del maíz aparecen áreas con malezas, su control se puede efectuar aplicando paraquat con pantalla protectora entre los surcos.

El sistema básico descrito y muchas modificaciones del mismo, probó ser adecuado tanto para agricultores pequeños como grandes; para suelos planos o de cualquier pendiente, incluyendo los de la zona andina de sudamérica; para siembras a espeque o mecanizadas; chapeados a mano o con chapeadora mecánica; con aplicación de herbicidas con mochila o con motobomba montada sobre tractor. La aplicación de fósforo y nitrógeno al voleo sobre el mantillo, fue en muchos casos, más eficiente que su incorporación al suelo, incluso en suelos que fijan el fósforo.

El sistema de labranza-cero es de especial interés para pequeños agricultores y agricultores de subsistencia de países que, por su situación económica, están muy lejos de permitirse disponer de tractores, equipos pesados de preparación del suelo y combustibles.

## Referencias

Conservation Tillage for Corn Handbook. University of Wisconsin-Extension. 1986. Editors: Tommy Daniel, Marge Pelzmann.

Johnson, R.R. 1988. Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chisel-type implements. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 52:237-243.

Kocher, F., A.D. Violic y A.F.E. Palmer. 1982. Experiencias en labranza-cero en el CIMMYT. Seminario sobre Labranza Reducida o Mínimo Laboreo, Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, Uruguay, del 3 al 7 de mayo de 1982.

Siemens, J.C., and W.R. Oschwald. 1978. Corn-soybean tillage systems: Erosion control, effects on crop production, costs. *Transactions, American Society of Agricultural Engineers* 21(2):293-302.

Soil Conservation Society of America. 1976. Resource Conservation Glossary. Ankeny, Iowa.

Violic, A.D., F. Kocher, A.F.E. Palmer and T. Nibe. 1982. Experimentación sobre labranza-cero en la región costera del norte de Veracruz. Primer Simposium sobre Cultivos Múltiples de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (ALCA), Chapingo, México, 25 de junio 1982.

Violic, A.D., A.F.E. Palmer y F. Kocher. 1983. Control de malezas en maíz: experiencias del CIMMYT en labranza de conservación en el trópico bajo de Veracruz, México. Curso para técnicos de la SARH, FIRA y Dependencias del sector agropecuario de México sobre Producción de Maíz Bajo el Sistema de Cero-Labranza. Tuxpan, Veracruz, nov. 28-dic. 16, 1983.

Wittmus, H D., G.B.Tripplet, Jr., and B.W Greb. 1973. Concepts of conservation tillage systems using surface mulches. In *Conservation Tillage*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa. pp. 5-12.

Young, H.M., Jr. 1973. Role of the farmer; A panel discussion. In *Conservation Tillage*. Soil Conservation Society of America. Ankeny, Iowa. pp. 219-221.



# **Tendencias de adopción en sistemas de labranza de conservación**

---

J. Barnett

## **Introducción**

### ■ **Propósitos de los sistemas de labranza**

En el análisis de un sistema de labranza, se debe tomar en cuenta tanto los efectos de largo plazo tal como los de corto plazo. Los de corto plazo son los que afectarán el cultivo inmediato, mientras que los de largo plazo son los que afectarán las propiedades físicas y químicas del suelo a través del tiempo. Por ejemplo, las operaciones de campo en el sistema de labranza que tendrán efectos de corto plazo son las que maximizan la infiltración y retención del agua, reducen la erosión, y controlan las malezas. Las operaciones con efecto de largo plazo son las que tienen el propósito de reducir la tasa de descomposición de la materia orgánica y controlar la erosión.

El propósito fundamental de labrar la tierra es optimizar las condiciones para la germinación de la semilla y la emergencia y establecimiento de la plántula a la vez que se mantiene un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo, se preserva y/o mejora la estructura del suelo, y se mantiene y/o mejora la estabilidad de los agregados. Todas estas condiciones contribuyen a lograr las metas de corto y largo plazo.

### ■ **Labranza de conservación y labranza convencional**

Labranza de conservación se define como un sistema o secuencia de operaciones que reducen la pérdida del suelo o del agua, en comparación al sistema convencional (Kilmer, 1982). Se trata de un sistema en el cual se cumplen los objetivos de corto y largo plazo con un número mínimo de operaciones incluyendo, por definición, sistemas que van desde labranza-cero hasta labranza reducida.

En el contexto de esta presentación, labranza convencional se considera como un sistema en el cual el suelo superficial se invierte por medio del arado, incorporando la materia orgánica residual de la cosecha anterior con uno o dos pasos de la rastra utilizando tracción animal o mecánica.

Aunque existen muchas definiciones de labranza convencional, labranza mínima y labranza-cero, en esta presentación se consideran desde sistemas de labranza mínima hasta aquellos que incluyen una o más operaciones mecánicas sin incorporación del rastrojo o residuo superficial. En el caso de labranza-cero, sólo se prepara una franja angosta, que generalmente no es más que un corte hecho por los discos de la máquina sembradora o por la punta de un espeque o coa.

### ■ **Factores que afectan la investigación en sistemas de labranza de conservación en el trópico**

Los suelos y el clima son dos de los factores que influyen en la determinación del sistema de labranza más apropiado para una situación dada. Debido a que gran parte del área cultivada en los trópicos se formó bajo sabana o selva, su incorporación al cultivo representa un cambio drástico, para un sistema "frágil". Es decir, que si estos suelos se manejan mal perderían rápidamente su productividad potencial. Tal vez, los agricultores tradicionales se dieron cuenta de esto al adoptar el sistema antiguo de "corte y quema". Bajo el cual, el campo se cultiva por uno a tres ciclos y pasa por un "descanso" de 10 a 15 años.

**Cuadro 1. Adopción de sistemas de labranza de conservación en los EE.UU, 1983. (Valores en % de hectáreas cultivadas)**

<i>Región</i>	<i>Labranza de conservación</i>	<i>Sistema de labranza</i>		
		<i>Cero</i>	<i>Mantillo</i>	<i>Reducida</i>
Faja triguera	33	4.3	54.3	38.9
Faja	33	10.3	72.0	14.6
Montaña	39	38.0	25.2	37.0
Planicie costera	36	22.6	36.1	41.6

Fuente: Adaptada de Gebhart et al., (1985).

### **Los suelos del trópico**

Los tres ordenes principales de suelos en el trópico son: oxisoles, alfisoles, y ultisoles. Los oxisoles y los ultisoles predominan en el trópico húmedo mientras que los alfisoles predominan en el trópico seco. En los trópicos húmedos, los oxisoles, alfisoles y ultisoles representan el 22.5, 16.2 y 11.2%, respectivamente del área total (Sánchez, 1976).

Los ultisoles y los oxisoles son suelos que se han formado bajo condiciones de meteorización más intensas que los alfisoles. Estas condiciones causan una descomposición de los minerales arcillosos, dejando sólo los materiales más resistentes como el cuarzo, minerales arcillosos del tipo de la caolinita, y los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Además los nutrientes tales como calcio, magnesio y potasio se lixivian, resultando en suelos de baja fertilidad potencial. Los ultisoles y los oxisoles se caracterizan por presentar un pH bajo, CIC baja y, posiblemente, niveles bajos de fósforo nativo además de una alta capacidad de fijación de fósforo. La presencia de las arcillas del tipo caolinita influye en la estructura del suelo, dándole una consistencia friable y estable. Los suelos con altas proporciones de caolinita, óxidos, e hidróxidos de hierro y aluminio se caracterizan por su baja capacidad de retención del agua disponible. Los alfisoles tienden a tener más capacidad en cuanto a fertilidad potencial y menos problemas con la disponibilidad de nutrientes especialmente de bases intercambiables. Para el uso intensivo y eficiente de estos suelos se deben tomar en cuenta tanto las características físicas, químicas y mineralógicas del suelo.

**Tendencias en la aceptación de la labranza de conservación**

La labranza de conservación se debe considerar como una alternativa viable al sistema de labranza convencional, cuando:

- 1) El suelo es susceptible a la erosión eólica y/o hídrica
- 2) Las operaciones de labranza son difíciles de cumplir a tiempo
- 3) El costo de preparación de suelo es alto debido al costo de maquinaria y/o mano de obra

La aceptación o rechazo de un sistema de labranza de conservación se basa en la capacidad de la alternativa para resolver uno o más de estos problemas.

■ **Labranza de conservación en países desarrollados**

El Cuadro 1 ilustra la importancia de la labranza de conservación en los Estados Unidos. Phillips et al. (1980), estimaron que para el año 2000, hasta 65% de las cosechas en EE.UU se producirían bajo el sistema de labranza cero.

Se puede notar en el mismo cuadro que, aunque hay poca diferencia entre regiones en cuanto al porcentaje del área bajo labranza de conservación, hay mucha variación en cuanto al porcentaje de área bajo los tres sistemas más comunes. Estas variaciones se deben a diferencias en clima, suelos y/o cultivos (Gebhart et al., 1985).

■ **Labranza de conservación en países en desarrollo**

Se puede considerar que el sistema de agricultura más antiguo es la de la agricultura nómada. Este es aún el sistema predominante en un 30% del área potencialmente cultivable a nivel mundial con una extensión de más de 250 millones de hectáreas.

El problema principal de este sistema es que requiere de mucho terreno para sostener pocas personas. Como la población del mundo está aumentando en forma exponencial y el terreno utilizable para la agricultura es limitado, la presión para aumentar la producción está afectando este antiguo sistema. Tal vez por esto muchos programas de investigación en países en desarrollo están promoviendo sistemas de labranza convencional, para bien o para mal, con el fin de incorporar nuevas tierras a la producción agrícola.

Varias organizaciones del CGIAR (Grupo Consultativo para Investigación Agrícola Internacional) tales como CIMMYT, IRRI, IITA, ICRISAT, etc, están colaborando con programas nacionales en programas de investigación de sistemas de labranza de conservación. Los resultados indican que hay mucho potencial para estos sistemas, pero que se requiere más investigación y esfuerzo en la divulgación de la información.

**Investigación y desarrollo de sistemas de labranza de conservación en el trópico**

■ **La situación actual**

En el trópico hay entre 1.500 y 1.800 millones de hectáreas potencialmente cultivables. Aproximadamente la mitad de esta superficie (700 a 800 millones de hectáreas) están cultivadas. Se estima que hasta la fecha se han perdido dos mil millones de hectáreas de terreno productivo y que la tasa de degradación o pérdida es de 5 a 7 millones de hectáreas por año (Sánchez, 1976).

Eckolm (1979, citado por Lal, 1984) estima que cada año se incorporan 11 millones de hectáreas de tierras nuevas tropicales a la producción de granos. Este terreno nuevo proviene de la destrucción de la selva o de la sabana. Barney (1980, citado por Lal, 1984) estima que aproximadamente 40% de la selva actualmente existente en el trópico desaparecerá antes del año 2000.

En cuanto a la situación de América tropical, la tasa de destrucción de la selva es de 0.63% anual. Vietmeyer (1979, citado por Lal, 1986) estima que en Sudamérica se ha perdido 33% de la selva original, mientras que Nations y Komer (1983, citado por Lal, 1986) estiman que en Centroamérica se ha perdido 66% de la selva original y la tasa de destrucción es de 4000 km<sup>2</sup>/año.

El Cuadro 2, muestra los cambios en la superficie arable en algunos de los países de Latinoamérica entre 1970 y 1985. Superficie arable se define como el terreno capaz de sostener la producción de cultivos o animales en forma continua e intensiva (FAO, 1980).

**Cuadro 2. Cambios en la superficie arable en Latinoamérica, 1970-1985.**

País	Superficie arable millones de ha		% cambio por año	Superficie arable per capita		%cambio por año
	1970	1985		1970	1985	
México	21.70	23.10	+0.4	0.42	0.49	-2.0
Guatemala	1.22	1.33	+0.5	0.23	0.17	-1.7
El Salvador	0.46	0.56	+0.1	0.11	0.10	-0.6
Honduras	1.38	1.58	+0.8	0.52	0.36	-2.0
Nicaragua	1.27	1.10	-0.9	0.62	0.34	-3.0
Costa Rica	0.28	0.28	0.0	0.16	0.11	2.0
Panamá	0.43	0.44	+0.2	0.28	0.20	-1.9
Colombia	3.59	4.05	+0.8	0.17	0.14	-1.0
Venezuela	2.91	3.08	+0.4	0.27	0.18	-2.2
Ecuador	1.72	1.58	-0.5	0.28	0.17	-2.6
Perú	2.53	3.20	+1.4	0.19	0.16	-1.0
Bolivia	2.14	3.38	+2.4	0.49	0.53	+0.5
Argentina	24.00	25.80	0.5	1.00	0.84	-1.0

Fuente : FAO Production Yearbook Vol. 1985.

No obstante el hecho de que en todos los países, excepto en Nicaragua, Costa Rica y Bolivia, la superficie arable, está aumentando cada año, hoy en día hay menos área arable per capita en todos los países, excepto Bolivia debido al aumento de la población. La pregunta fundamental es : ¿hasta cuándo se podrá mantener esta situación ?

**Cuadro 3. Producción de Cereales en América Central, 1970-1985.**

	1969 -70	1974 -76	1979 -80	1985
Área de cereales*	2.058	2.110	2.136	2.311
Rendimiento (promedio/ha)	1.535	1.345	1.637	1.827
Producción total	2.524	2.821	3.301	3.913
Población	16.783	19.380	22.411	25.939
Producción (kg/capita)	150	146	147	151

Fuente: FAO Production Yearbook Vol. 1985.  
\* Cifras en millones de ha

En conjunto, el área arable total aumentó de 5.04 a 5.29 millones de hectáreas entre 1970 y 1985, pero el área arable per capita disminuyó de 0.3 a 0.2 hectáreas. En los 15 años transcurridos entre 1970 y 1985, se requirió de aproximadamente 300,000 hectáreas adicionales además de un promedio de 300 kg/ha adicionales en rendimiento sólo para sostener la producción per capita en cereales (Cuadro 3).

De los seis países, sólo Costa Rica muestra un aumento en producción per capita, mientras Guatemala mantiene su nivel. Los demás países están produciendo entre 0.8 % y 0.07 % per capita menos cada año.

---

## **Referencias**

FAO. 1980. Production Yearbook. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

FAO. 1985. Production Yearbook. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

Gebhardt, M. R., T. C. Daniels, E. E. Schweizer and R. R. Allmaras. 1985. Conservation Tillage. *Sci.* 230:625-629.

Kilmer, V. 1982 Handbook of Soils and Climate Agriculture. CRC Press, Boca Raton, F1.

Lal, R. 1984. Conservation of Tropical Rainforest : agronomic potential and ecological consequences. *Adv. Agron.* 39:173-263.

Lal, R. 1986. Soil Erosion from Tropical Arable Lands and Its Control. *Adv. Agron.* 37:183-247.

Phillips, R. E., R. L. Blevins, G. W. Thomas, W. W. Frye, and S. H. Phillips. 1980. No-tillage Agriculture. *Sci.* 208:1108-1113.

Sánchez, P. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons, New York.

# **Suelos en relación a labranza de conservación: Aspectos físicos**

---

*J. Bolaños*

## **Introducción**

Desde el punto de vista agronómico, la estructura del suelo y su estabilidad en tiempo y espacio gobiernan las relaciones hídricas suelo-planta, almacenamiento, transporte y disponibilidad de agua, aireación y flujo de gases, enconstramiento superficial, infiltración y permeabilidad, escurrimiento y erosión, evaporación, temperatura, penetración y proliferación radicular, drenaje, lixiviación de nutrientes, etc., y por lo tanto afectan el potencial productivo de un suelo. Mientras que la textura de un suelo no puede ser fácilmente modificada, la estructura de los suelos es manipulada por sistemas de labranza y de cultivo y puede deteriorarse rápidamente con repercusiones negativas en la productividad. El manejo exitoso de los suelos tropicales en sistemas sostenidos de producción agrícola ha dependido, en gran parte, del manejo exitoso de la estructura del suelo (Sánchez 1976, Lal 1979, Lal and Greenland 1979).

Los suelos de muchas regiones tropicales han sufrido una degradación severa bajo sistemas de agricultura intensiva o semi-intensiva, particularmente la deterioración de la estructura (Sánchez 1976, Lal and Greenland 1979). Esto se ha manifestado en pérdidas de porosidad o de continuidad porosa por compactación, en particular de macroporos, y en la formación de costras superficiales y una capa dura de alta compactación en el subsuelo. Esto resulta en menores tasas de infiltración y conductividad hídrica y gaseosa, con mayores pérdidas de escurrimiento superficial y por lo tanto mayor erosión. La retención, el almacenamiento y disponibilidad de agua del suelo se ven reducidos, y en suelos de textura fina pueden ocurrir problemas de inundación y mal drenaje. Todos estos fenómenos tienen consecuencias negativas sobre la productividad del suelo.

Se han acumulado muchas evidencias que indican que el uso intensivo de sistemas de labranza mecanizada asociados con la producción agrícola moderna tiende a la deterioración de la estructura del suelo (Unger and Van Doren 1982), y es en parte responsable de la alta erosión y deterioro de muchos suelos tropicales (Sánchez 1976, Lal and Greenland 1979). Ciertos suelos pueden ser mecánicamente deformados muchas veces sin perder su estabilidad agregada, pero en otros, ésta se pierde fácilmente. Las diferencias radican en la capacidad de agregación del suelo, que dependen fundamentalmente de la cantidad y tipo de arcilla y materia orgánica en el suelo (Sánchez 1976, Lal and Greenland 1979).

Como alternativa, se han propuesto diversos sistemas de labranza de conservación (labranza cero, mínima, etc.) para preservar la estructura del suelo en un estado productivo, reducir la erosión y degradación, y conservar la humedad (Lal 1976, Akonbundu and Deutsch 1983, Phillips and Phillips 1984).

Este capítulo resume y trata de documentar la evidencia disponible sobre los cambios en las propiedades físicas de los suelos en relación a sistemas de labranza convencional y de conservación (particularmente labranza cero). Se da especial atención a los suelos tropicales, pero también se hace mención a casos de suelos templados.

---

## **Estructura del suelo**

Desde el punto de vista morfológico, la estructura del suelo ha sido definida como el arreglo de las partículas primarias (arcilla, limo, arena) en agregados secundarios. Desde el punto de vista edafológico o agronómico, la distribución del tamaño de los poros que resultan de ésta estructuración es mucho más importante que los agregados en sí. El tamaño y la forma de los poros dependen del tamaño y la forma de las partículas y su arreglo dentro del suelo. En general, mientras más grandes las partículas, más grandes los poros entre éstas. En suelos con buen contenido de arcilla o de materia orgánica, las partículas primarias tienden a formar agregados o partículas secundarias espontáneamente. Sin embargo, es la estabilidad y cementación de las partículas en agregados la que determina la estabilidad y naturaleza de fracción porosa del suelo ante cambios naturales y artificiales.

El arreglo geométrico y topológico de los poros que se forman entre los agregados del suelo y su estabilidad en tiempo y espacio ante cambios de humedad, labranza, temperatura, etc., determinan muchas características físicas relacionadas con la productividad agronómica de un suelo. El espacio poroso determina la facilidad del flujo de agua a través del medio y la cantidad de agua que el medio puede almacenar, controlando procesos como infiltración, redistribución, evaporación superficial, drenaje, absorción de agua por raíces, etc. La porosidad, además, influye en la aireación de los suelos, la compactación, el encostramiento superficial y la penetración y proliferación radicular.

Los microagregados varían de 5-1000  $\mu\text{m}$ , los cuales pueden formar agregados, de 1000-5000  $\mu\text{m}$ , y éstos, a su vez, macro-agregados mayores. La materia orgánica, actividad microbial, óxidos de aluminio y hierro, sistemas radiculares, contenido y tipo de arcilla, sirven de agentes de cementación y floculación, manteniendo la estructura de estos agregados. Suelos con cementación fuerte entre micro-agregados y agregados tienden a tener una estructura porosa estable y son agronómicamente deseables.

Las raíces de los cultivos generalmente exceden los 250  $\mu\text{m}$  de diámetro, y los suelos deben tener una proporción relativamente grande de poros de este tamaño para la proliferación radicular. Poros mayores de 50  $\mu\text{m}$  se llaman poros de transmisión o macroporos, y por lo menos el 10% del volumen del suelo debe ser ocupado por poros de transmisión, para el rápido y fácil drenaje del agua y disponibilidad de oxígeno. Cerca de 10% del volumen total deberá ser ocupado por poros de almacenamiento en rangos de 0.5 a 50  $\mu\text{m}$ , ya que éstos poros almacenan el agua disponible para los cultivos (diferencia entre 0.3 y 15 bars de succión). La fracción de poros más pequeños que 0.5  $\mu\text{m}$  se denominan poros residuales, y éstos se encuentran entre partículas primarias y micro-agregados.

Desde el punto de vista agronómico, la presencia y estabilidad de poros de transmisión es lo que hace que un suelo tenga buena estructura. Estos poros grandes o macroporos controlan la infiltración, almacenamiento de agua, drenaje, aireación, penetración radicular, compactación, etc. La fracción de poros

pequeños depende fundamentalmente de la textura del suelo y es, por tanto, casi inalterable por la labranza y el manejo agronómico. Sin embargo, un suelo también debe poseer una buena cantidad de poros de almacenamiento y residuales para una buena capacidad retentiva de humedad, ya que los poros de transmisión drenan fácilmente.

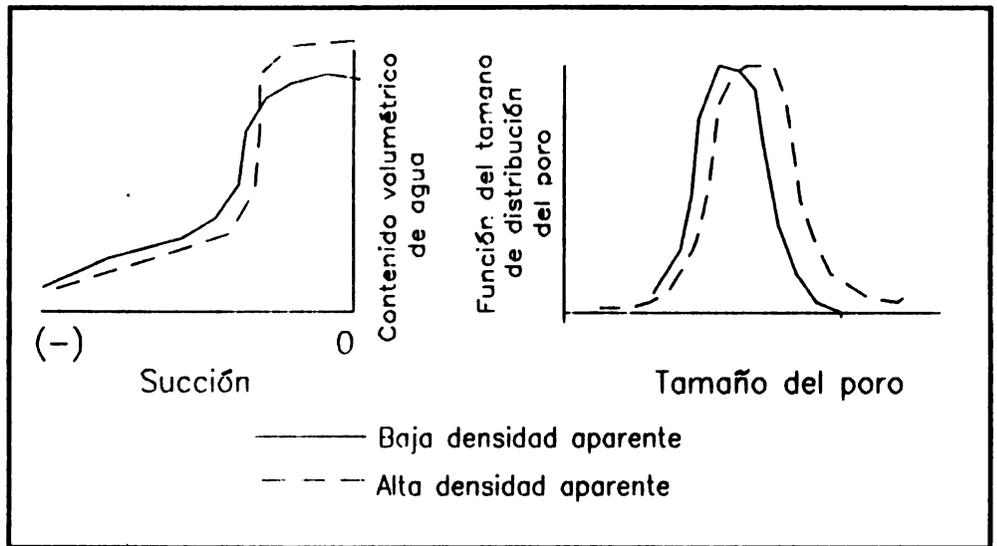
El Cuadro 1 indica el rango de poros en los suelos y su significado biológico (Hamblin 1985).

La información cuantitativa sobre la distribución de tamaño de poros en suelos se deriva de la relación entre el contenido de agua y la succión o fuerza necesaria para su extracción. Esta relación se denomina curva de retención de humedad y es particular para cada suelo. La región controlada fundamentalmente por la estructura del suelo y la presencia de macro-agregados y poros de transmisión, drena con succiones muy pequeñas. La región de la curva con valores de succiones mayores depende de poros más pequeños dependientes fundamentalmente de la textura del suelo.

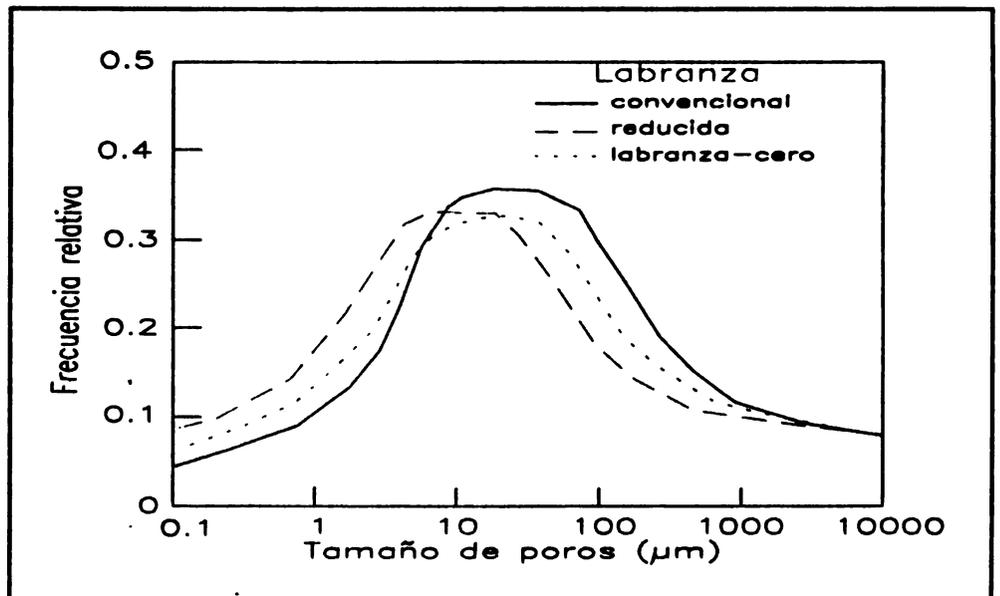
La compactación en los suelos reduce la porosidad total, pero en especial, la cantidad de poros intermedios tiende a aumentar, ya que la compresión tiende a formar más poros intermedios a partir de los poros grandes. Los poros pequeños permanecen igual en ambos casos, ya que dependen de la textura, la cual es inalterable en comparación con la estructura (Hillel 1982). Las Fig. 1A y B muestran los cambios esquemáticos inducidos por la compactación en la curva de retención de humedad (Fig. 1A) y sobre la distribución del tamaño de poros (Fig. 1B).

**Cuadro 1. El rango de poros en los suelos y su significado biológico (Hamblin 1985).**

<i><b>Díámetro promedio del poro (<math>\mu\text{m}</math>)</b></i>	<i><b>Significado biológico</b></i>
2,000 - 50,000	Canales de hormigas
1,000 - 11,000	Canales de gusanos
300 - 10,000	Raíces de dicotiledóneas
500 - 10,000	Raíces nodales de gramíneas
100 - 1,000	Raíces seminales
50 - 100	Raíces secundarias
30	Agua retenida a capacidad de campo (0.3 bar)
20 - 50	Raíces terciarias
5 - 10	Pelos radiculares
0.5 - 2	Hifas de hongos
0.2 - 2	Bacterias
0.1	Agua retenida a punto de marchitez permanente (15 bar)



**Figura 1a. Cambios esquemáticos en la curva de retención de humedad y los cambios asociados en la distribución del tamaño de los poros inducidos por una pequeña compactación y mayor densidad aparente. Esta gráfica simula los cambios que pueden ocurrir en los suelos como consecuencia de la labranza cero cuando ésta incrementa la densidad aparente del suelo superficial.**



**Figura 1b. La distribución de tamaño de poros bajo 3 tipos de labranza: (Hill et al. 1985). En este caso la labranza cero incrementó la densidad aparente del suelo, destruyendo una pequeña parte de los macroporos y formando una mayor cantidad de poros intermedios.**

**Labranza convencional y de conservación (labranza-cero)**

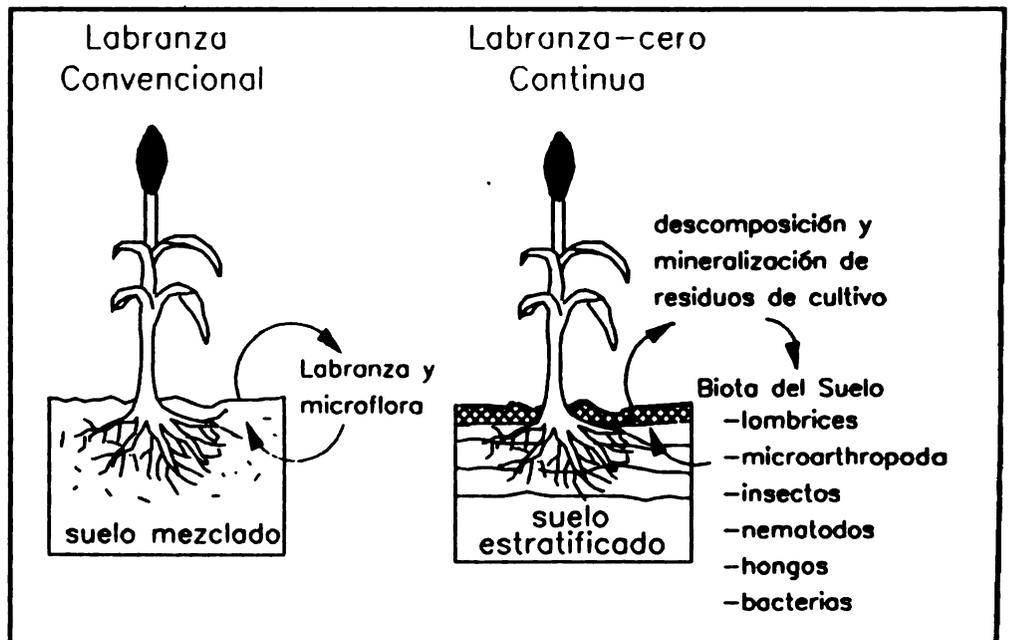
En la labranza convencional los implementos primarios (arados) rompen la masa compacta del suelo en una serie de fragmentos de agregados y terrones de diversos tamaños. Esta labor se complementa con operaciones de labranza secundaria (rastreo) para pulverizar, reempacar y homogenizar la superficie del suelo, formando la cama de la semilla. El fertilizante, los residuos vegetales y otros productos químicos se mezclan con relativa uniformidad en la capa del suelo afectada por la labranza. La labranza afloja el suelo cercano al implemento reduciendo notablemente la densidad aparente e incrementando la porosidad, resultando en mayores tasas de infiltración, oxidación y evaporación. El subsiguiente tráfico y fenómenos naturales como la lluvia, viento, insolación, actividad microbiana y biológica, tienden a recomprimir el suelo hacia cierto equilibrio, según la historia y tipo de suelo (Unger and Van Doren 1982). En estas situaciones, los suelos quedan expuestos a pérdida de estructuración y agregación, compactación y erosión.

En los sistemas de labranza de conservación, y en especial en labranza-cero, el suelo se prepara al mínimo, sólo para enterrar la semilla. Los residuos vegetales y agroquímicos no se incorporan y quedan sobre la superficie. Esto origina un gradiente vertical y una estratificación de actividad de la superficie hacia abajo. Debido a que no hay labranza, el suelo preserva su estructura nativa, sea buena o mala. El espacio poroso y su continuidad se mantienen intactos. Los residuos vegetales (mantillo) cubren el suelo disminuyendo la insolación, el impacto de la lluvia, la evaporación, y el encostramiento, en contraste con la labranza convencional que deja al suelo a descubierto por períodos más prolongados. El uso de los residuos vegetales reduce fuertemente la erosión y conserva el agua (Phillips and Phillips 1984). Implícito en este modelo de labranza-cero es el postulado que la estructura óptima de un suelo ocurre cuando éste se encuentra sin disturbar, en su estado natural, cubierto por vegetación (Pereira 1975). La Fig. 2 muestra la conceptualización de las mayores diferencias físicas, biológicas y edafológicas entre la labranza convencional y la labranza cero.

**Labranza convencional y estructura**

Existen muchas evidencias de que el uso de la labranza tiende a incrementar paulatinamente la densidad y la compactación de los suelos, requiriendo éstos cada vez más y más labranza (Larson and Osborne 1982). La labranza, en general, tiende a reducir la densidad aparente e incrementar la porosidad total en los suelos superficiales al menos temporalmente (Klute 1982). Al mismo tiempo, el suelo debajo de la capa de labranza tiende a tener mayor densidad aparente debido a la compactación por el tráfico de maquinaria pesada. La geometría del espacio poroso y la densidad aparente que se forma en la labranza es generalmente muy inestable y cambia considerablemente con el tiempo (Klute 1982, Cassel 1982).

Los efectos de la labranza en las propiedades hidráulicas de los suelos y su geometría de espacio poroso han sido estudiados por varios autores, y los resultados no siempre son similares (Hamblin 1985). En muchos estudios la labranza convencional ha reducido la macroporosidad, aumentando la densidad aparente y compactación, con reducciones en la conductividad e infiltración. Estos resultados fueron los de Ehlers y coinvestigadores (Ehlers 1976, 1977,



**Figura 2. Conceptualización de las mayores diferencias físicas, biológicas y edafológicas entre la labranza convencional y la labranza cero. Prácticas continuas de labranza cero estratifican el suelo, concentrando materia orgánica, residuos vegetales y nutrientes cerca de la superficie. La descomposición de la materia orgánica ocurre debido a la actividad microbiológica en la superficie. La descomposición de la materia orgánica y su mineralización ocurren más rápidamente en la labranza convencional, donde el suelo se mezcla uniformemente.**

Ehlers and Van der Pleg (1976) en un suelo podzólico en Alemania. Resultados parecidos, con pérdida de macroporosidad, han sido reportados al comparar suelos vírgenes con suelos cultivados por muchos años (Sánchez 1976). Otros estudios comparativos similares han determinado también pérdidas en porosidad, agregación y estructuración como consecuencia de la labranza (Pereira 1975).

En contraste, en un suelo méxico Haploxeroll típico la labranza convencional mejoró la agregación y macroporosidad reduciendo la densidad aparente en comparación con la labranza cero (Allmaras et al. 1982).

Las diferencias en los resultados en cuanto a los cambios en las propiedades físicas del suelo como resultado de la labranza ocurren debido a la variabilidad de los suelos, ambiente, clima, historia de labranza, etc. La literatura ofrece muchos reportes contradictorios sobre la labranza y sus efectos en la estructura del suelo (Hamblin 1985).

En el caso de suelos tropicales, la labranza sostenida de muchos suelos vírgenes han resultado en pérdidas fuertes de agregación y macroporosidad (Sánchez 1976, Lal and Greeland 1979). Esto ha sido confirmado usando mediciones de distribución de agregados estables, tasas de infiltración, conductividad hidráulica,

curvas de retención de humedad, resistencia a penetrómetros, etc., especialmente en los suelos frágiles de las regiones tropicales (Grohmann 1960, Cunningham 1963, Moura and Boul 1972). En Oxisoles de Paraná, Brasil, se ha encontrado que la labranza ha destruido la estructura natural de los suelos, aumentando la compactación y densidad aparente (Kemper and Derpsch 1980, Derpsch et al. 1986). En estas situaciones, la labranza reducida ha mejorado considerablemente la estructura de estos suelos. Se han observado situaciones parecidas en muchos suelos sujetos a la agricultura tradicional de roza-tumba-quema (Sánchez 1976, Lal and Greenland 1979).

### **Labranza-cero y estructura**

La revisión de la literatura demuestra que los efectos de la labranza-cero o la labranza de conservación en los parámetros físicos del suelo relacionados con la estructura, porosidad y conductividad son extremadamente variables, aún dentro del mismo sitio de estudio (Culley et al. 1987).

Una consecuencia generalizada de la labranza de conservación ha sido un incremento de la compactación, densidad aparente y resistencia de las capas superficiales del suelo por procesos naturales de consolidación (Soane et al. 1982, Cannell 1983). En suelos tanto de regiones tropicales como templadas sometidos a labranza-cero se ha determinado una densidad aparente superficial mayor, por tanto una menor porosidad total (Ellis et al. 1977, Gantzer and Blake 1978, Nicou and Chopart 1979, Cannell 1983, Lindstrom and Onstad. 1984, Lal 1985b, Ogunremi et al. 1986, Mielke et al. 1986). En estos casos de labranza-cero, la resistencia medida con penetrómetro aumentó y se observó una macroporosidad menor para las capas superficiales del suelo (Cannell and Finney 1973, Cannell 1983). A profundidades mayores, en suelos bajo labranza convencional generalmente se observa una densidad aparente mayor, debido a la compactación por la maquinaria (Cannell 1985). La Fig. 3 muestra datos de Nesmith et al. (1987) donde la labranza-cero resultó en una mayor compactación en las capas superficiales, en concordancia con los estudios citados anteriormente.

En otros casos, sin embargo, no se encuentran diferencias ni en densidad aparente superficial ni en tasas de infiltración después de 10 años de labranza-cero o labranza convencional (Blevins et al. 1983), resultados que están de acuerdo con los de otros autores (Bauder et al. 1981, Tollner et al. 1984, Potter et al. 1985). La Fig. 4 muestra datos donde no se detectaron diferencias significativas en densidad aparente, conductividad hidráulica o porosidad en suelos con 8 años de labranza convencional y cero (Hill and Cruse 1985).

En muchos casos, en suelos degradados, la situación es totalmente diferente pues la labranza-cero ha producido una menor densidad aparente y mayor porosidad en comparación con la labranza convencional (Lal 1976, Lal and Greenland 1979, Cannell 1985), como resultado de una mejor estructuración. La Fig. 5 enseña datos de suelos Alfisoles (Lal 1976) donde la labranza cero resultó en una menor densidad aparente y mayor porosidad para las capas superficiales. Kayombo and Lal (1986), encontraron bajo labranza-cero en un Alfisol tropical una menor densidad aparente, mejor infiltración, macroporosidad y porosidad total que bajo labranza convencional. En casos donde el suelo ha sufrido bastante deterioro estructural, las prácticas de labranza mínima ayudarían paulatinamente a mejorar la estructura de los suelos.

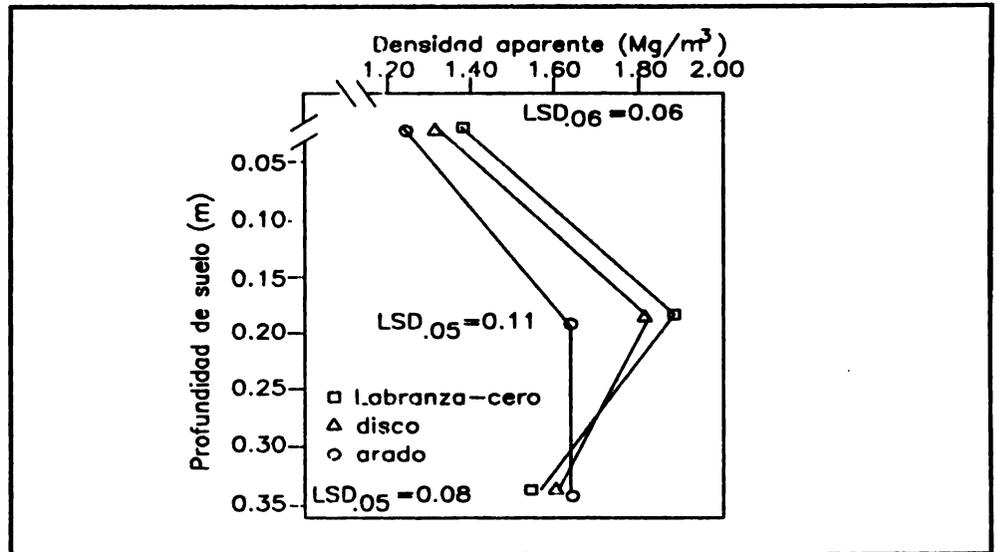


Figura 3. Efecto de tres sistemas de labranza sobre la densidad aparente del suelo (Nesmith et al. 1987).

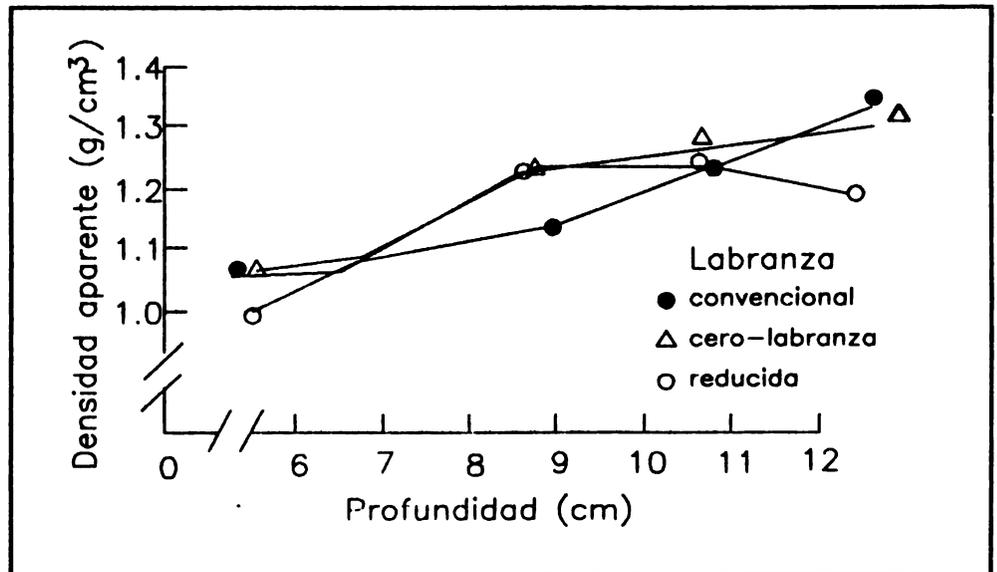


Figura 4. Efecto de tres sistemas de labranza sobre la densidad aparente de suelos Molisoles (Hill and Cruise 1985).

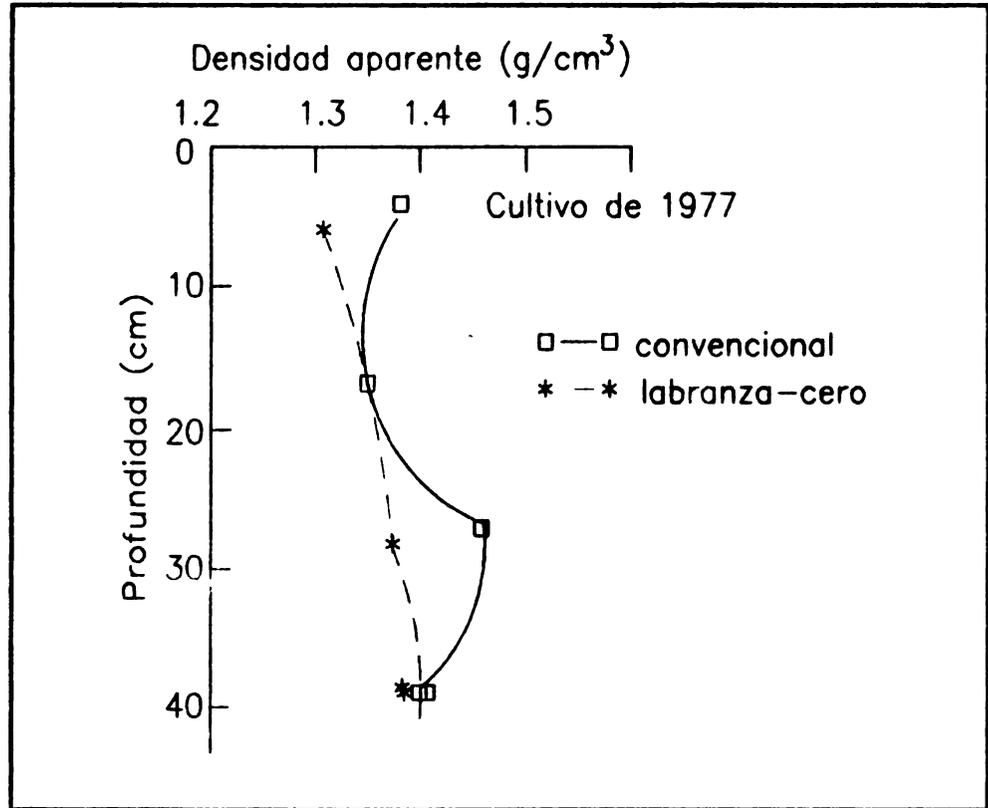


Figura 5. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la densidad aparente de suelos Alfisoles (Lal 1976).

Hamblin (1984) estudió los efectos de labranza en las propiedades físicas de un Alfisol xérico. Las propiedades físicas no difirieron durante los primeros tres años, pero para el quinto año los suelos labrados demostraron un deterioro pronunciado. Se observó una reducción de 10 veces en la tasa de conductividad hidráulica saturada, mayor inestabilidad en los agregados superficiales, una menor retención de agua en el perfil, y una reducción significativa en el contenido de materia orgánica. Ike (1986), en los suelos ferruginosos de la sabana de Nigeria, encontró que la labranza-cero aumentó la retención de humedad, mejoró la agregación, macroporosidad y tasas de infiltración, pero que la densidad aparente fue mayor en las capas superficiales. Estos resultados indican que la labranza-cero es efectiva en la preservación de la estructura de muchos suelos.

La labranza-cero ha resultado en agregados más estables debido generalmente al mayor contenido de materia orgánica por los residuos vegetales (Tomlinson 1974, Boone et al. 1976, Douglas and Goss 1982, Cannell 1983, 1985). Lal (1985b) en un Alfisol xérico encontró que la materia orgánica aumentó en un 7% en suelos bajo labranza-cero, y se redujo en 72% en suelos bajo labranza convencional.

## **Labranza-cero y continuidad porosa**

En muchos casos, a pesar de una menor porosidad total, la labranza-cero ha resultado en una mayor macroporosidad e infiltración (Lal 1976, Ellis et al. 1979, Douglas et al. 1980, House and Parmentee 1985), debido a una mejor continuidad del sistema poroso a través del suelo. En los sistemas agrícolas, las numerosas operaciones de labranza tienden a afectar la continuidad del sistema poroso, afectando la infiltración y drenaje de los suelos. En cambio, con labranza-cero, los suelos no se disturbaban ni se rompen y la presencia de microcanales y canales hechos por raíces, gusanos y otros miembros de la fauna del suelo, aumentan considerablemente la infiltración y aireación de éstos suelos. En general, bajo condiciones de labranza de conservación, la actividad de gusanos y otros miembros de la fauna del suelo se incrementa, como lo demuestran reportes sobre la densidad estimada de canales de gusanos: 1000 canales/m<sup>2</sup> (Bouma et al. 1982), o canales hasta de 150 cm de largo (Bouma et al. 1982). Ehlers (1975) reportó una infiltración hasta de 150 cm en labranza-cero, pero solamente hasta 30 cm en labranza convencional, sugiriendo la alta continuidad del sistema poroso en suelos sin disturbar. La labranza convencional generalmente aumenta la porosidad superficial de los suelos, pero en cambio rompe la continuidad del sistema poroso, particularmente en la zona donde el implemento rompe el suelo. Esto se refleja en una pérdida de tasa de infiltración a pesar de una mayor porosidad total.

En sistemas de labranza reducida, la persistencia de los canales formados por sistemas radiculares es también una observación consistente (Ehlers et al. 1983). Muchas referencias indican que las raíces se desarrollan en canales dejados por otras raíces muertas del cultivo anterior. Los canales dejados por las raíces tienden a ser más grandes que los canales de gusanos, lo que aumenta considerablemente la conductividad, infiltración y drenaje de muchos suelos. La presencia constante de estos sistemas radiculares en labranza-cero mantiene una red de macroporos y contribuye a una mejor estructuración del suelo (Hamblin 1985).

Unger (1975) demostró que las diferencias en la curva de retención de humedad para suelos de igual textura, sin disturbar y suelos sin estructura, eran equivalente al efecto de la labranza y los implementos agrícolas sobre el suelo. Greacen y Williams (1983) estudiaron 244 suelos de Australia y concluyeron que suelos con buena estructura contenían en promedio 2-3 veces más agua disponible que suelos con estructura pobre, debido al aumento en los macroporos.

En resumen, diferentes suelos responden diferentemente en sus propiedades físicas a la labranza. Estos informes, a veces conflictivos, se originan del hecho de que no siempre se comparan cosas similares. Al año o dos años después de modificar las prácticas de labranza y manejo, los suelos todavía no han llegado a un nuevo estado de equilibrio y siguen sujetos a cambio. Del mismo modo, las mediciones hechas en distintas etapas del ciclo de crecimiento del cultivo tampoco son comparables, ya que éstos parámetros están sujetos a modificaciones considerables en suelos recién labrados, debido a compactación natural y artificial. Generalmente se observa una mayor macroporosidad bajo labranza reducida debido a la presencia de mayor materia orgánica, de canales hechos por la fauna del suelo, etc. La reducción en la macroporosidad que se observa bajo la labranza convencional depende de la frecuencia e intensidad de las operaciones de labranza, la intensidad de las lluvias y la estabilidad estructural del suelo (Hamblin 1985).

### **Encostramiento superficial**

Un problema que ocurre frecuentemente con el uso de la labranza es la formación en el suelo de una costra superficial, especialmente en sistemas de labranza que dejan suelo al descubierto. Este encostramiento es un fenómeno mundial que afecta a los suelos labrados expuestos a las lluvias, y es especialmente notable en suelos arenosos y francos de zonas áridas, donde se forman rápidamente (Awadhwal and Theirstein 1985). La costra puede restringir la germinación y emergencia de plántulas, impedir la infiltración y promover altas temperaturas (Hillel 1982). El encostramiento consiste en la formación de una capa muy dura y delgada por la acción de las gotas de lluvia que dispersan las partículas de arcilla y limo y bloquean los macroporos y poros mayores (Hillel 1982). Esta capa puede presentar densidades aparentes bastante mayores que el resto del suelo.

Los sistemas de labranza que no fragmentan al suelo en partículas muy pequeñas ayudan a prevenir la formación de una costra (Hillel 1982). La labranza-cero y otros sistemas de labranza de conservación, generalmente mejoran las propiedades de la superficie, reduciendo la formación de costras (Lal 1976, Juo and Lal 1977, Doran 1980). La presencia de materia orgánica, fauna del suelo, etc., ayudan a mantener la agregación del suelo. Además, los sistemas de labranza-cero dejan el residuo vegetal como mantillo, cubriéndolo, lo que reduce el impacto de la lluvia y, por ende, previene la formación de costra al disipar la energía proveniente de las gotas de lluvia (Unger and McCalla 1980).

### **Labranza-cero y mantillo vegetal**

En los sistemas de labranza de conservación, los residuos vegetales de ciclos anteriores no se incorporan completamente al suelo con los implementos agrícolas, sino que se dejan en la superficie como mantillo de protección. Hay diferencias notables en la cantidad, calidad y forma del mantillo en sistemas de labranza-cero en distintas regiones del mundo (Phillips and Phillips 1984).

La presencia de un mantillo vegetal altera muchas relaciones edáficas: a) reduce la insolación, la que hace disminuir la temperatura y por tanto la evaporación superficial; b) aumenta la materia orgánica, nutrientes y la actividad biológica cerca de la superficie; c) aísla la superficie del suelo de la atmósfera; d) reduce la tasa de escurrimiento y erosión por agua y viento; e) puede interferir con la emergencia de plántulas y f) previene la formación de costras, protegiendo la superficie del suelo del impacto de las lluvias (Cannell 1983, Lal 1984b). Debido a la presencia de un mantillo, los sistemas de labranza de conservación son más eficientes en la captación del agua y en el control de la erosión.

### **Labranza-cero e infiltración**

La infiltración del suelo depende de varios factores: a) del tiempo transcurrido después de la lluvia o riego; b) del contenido inicial de agua; c) de la conductividad hidráulica; d) de las condiciones superficiales del suelo y e) de la presencia o ausencia de zonas compactadas (Hillel 1982).

La infiltración y captación de agua es generalmente mayor en suelos bajo labranza-cero por varias razones: a) por la mejor macroporosidad debido a estructuración del suelo, fauna y raíces, lo que mejora la conductividad hidráulica; b) por el menor encostramiento superficial; c) por la presencia de un mantillo vegetal que almacena una gran cantidad de agua que se percola lentamente; d) por la reducción del escurrimiento. Mayores tasas de infiltración en combinación con una mayor porosidad, especialmente de macroporos, aumentan el volumen de

---

agua que capta y almacena el suelo. La reducción de zonas compactadas en el subsuelo también ayuda a aumentar el volumen del suelo (Lal 1976, Lal and Greenland 1979).

### **Labranza-cero y evaporación**

En ausencia de vegetación, cuando la superficie del suelo se encuentra expuesta a la insolación, la evaporación de agua ocurre directamente del suelo. Este proceso de evaporación superficial puede consumir cantidades considerables de agua. En regiones áridas y semi-áridas, la reducción en la evaporación directa del suelo es uno de los métodos más eficaces para mejorar la eficiencia de uso del agua por el cultivo. En regiones con temperatura muy alta y de lluvias frecuentes pero de poca intensidad, y con cobertura vegetal insuficiente, las pérdidas por evaporación pueden ser considerables, desperdiciando agua que hubiera podido ser utilizada por el cultivo.

Para la mayoría de los cultivos anuales el suelo normalmente queda al descubierto por bastante tiempo, tanto durante las operaciones de labranza como durante las primeras etapas de su desarrollo. En muchos casos la evaporación superficial excesiva puede hacer peligrar la germinación y el establecimiento de muchos cultivos al producir condiciones de sequía (Hillel 1982).

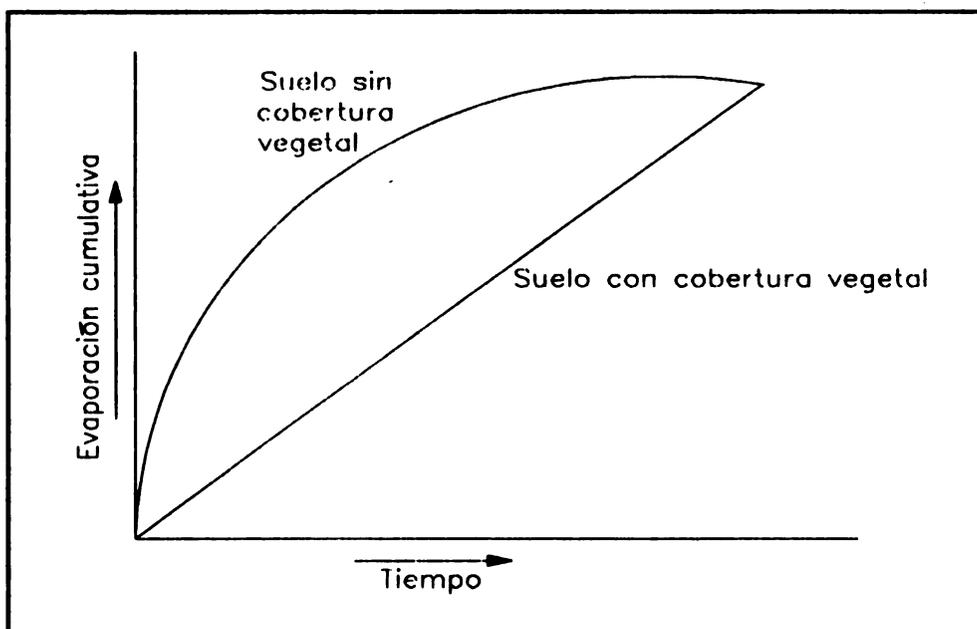
La evaporación superficial depende de tres condiciones: a) debe haber un suministro constante de calor ( 580 cal/g) para la evaporación del agua; b) la humedad del aire debe ser menor que la humedad del suelo para que haya una continua difusión de vapor hacia la atmósfera; y c) debe haber un suministro constante de agua del suelo hacia la superficie para que el proceso de evaporación continúe (Hillel 1982). La Fig. 6 muestra una representación esquemática de la evaporación del suelo afectada por la presencia de una cobertura vegetal.

En suelos con mantillo, la evaporación superficial se reduce considerablemente al disminuir la insolación y la energía incidente, debido al aislamiento del suelo, por una alta humedad relativa entre el mantillo y la superficie (Hillel 1982). Todos estos factores interactúan para reducir notablemente la evaporación superficial y maximizar la eficiencia del uso del agua por el cultivo.

### **Labranza-cero y almacenamiento de agua**

La labranza-cero es particularmente eficaz en aumentar la captación, disponibilidad y eficiencia del uso de agua por los cultivos. La cobertura del suelo por un mantillo vegetal incrementa la infiltración, reduce el escurrimiento, disminuye la evaporación directa, y contribuye a aumentar la disponibilidad de agua. Los cambios en la estructura del suelo también tienden a favorecer la infiltración y el almacenamiento de agua, por la formación de una mejor agregación y porosidad, y por la eliminación de costras superficiales y capas duras en el subsuelo.

En general, la cantidad de agua almacenada en el perfil de suelo bajo labranza-cero es mayor que bajo labranza convencional, especialmente en situaciones de sequía (Lal 1976, 1985b, Lal and Dinkins 1979). La cantidad de agua disponible aumentó de 9.1% a 13.6% con sistemas de labranza-cero (Juo and Lal 1977). Lindstrom y Onstad. (1984), Tollner et al. (1984), Negi et al. (1981), y Blevins et al. (1971) han demostrado un mayor contenido volumétrico de agua bajo labranza-cero en comparación con labranza convencional. Los cultivos bajo labranza-cero con un mantillo vegetal sufren menos sequía que bajo labranza



**Figura 6. Representación esquemática de la evaporación acumulativa de un suelo hipotético sin cobertura vegetal y con cobertura vegetal o mantillo. El mantillo vegetal reduce notablemente la evaporación directa de los suelos (Hillel 1982).**

convencional (Lal 1979). La Fig. 7 muestra datos de Lal (1976) sobre la cantidad de agua disponible a través del tiempo en sistemas de labranza convencional y labranza cero para varios cultivos en Nigeria.

Muchos suelos tropicales, debido a una estructura pobre, agravada algunas veces por labranzas innecesarias, pierden hasta el 50% del agua de las lluvias por escurrimiento debido a tasas de infiltración bajas (Sánchez 1976). Muchas de las lluvias en los trópicos son fuertes y de poca duración, por lo que la mayor parte de la precipitación no se almacena en el suelo y se pierde por escurrimiento. Los sistemas de labranza de conservación aumentan notablemente la infiltración y reducen la evaporación, siendo por lo tanto, óptimos para situaciones de precipitación errática, poca profundidad radicular, y síntomas de sequía.

En conclusión, la labranza-cero es una práctica que aumenta la infiltración, la capacidad de almacenamiento, el volumen de suelo infiltrado, y que reduce el escurrimiento y la evaporación superficial, mejorando notablemente las relaciones hídricas (Lal 1979). En situaciones de temporal errático, poca penetración radicular, subsuelos compactados, y alta demanda evapotranspirativa, el uso de sistemas de labranza-cero puede ser muy útil.

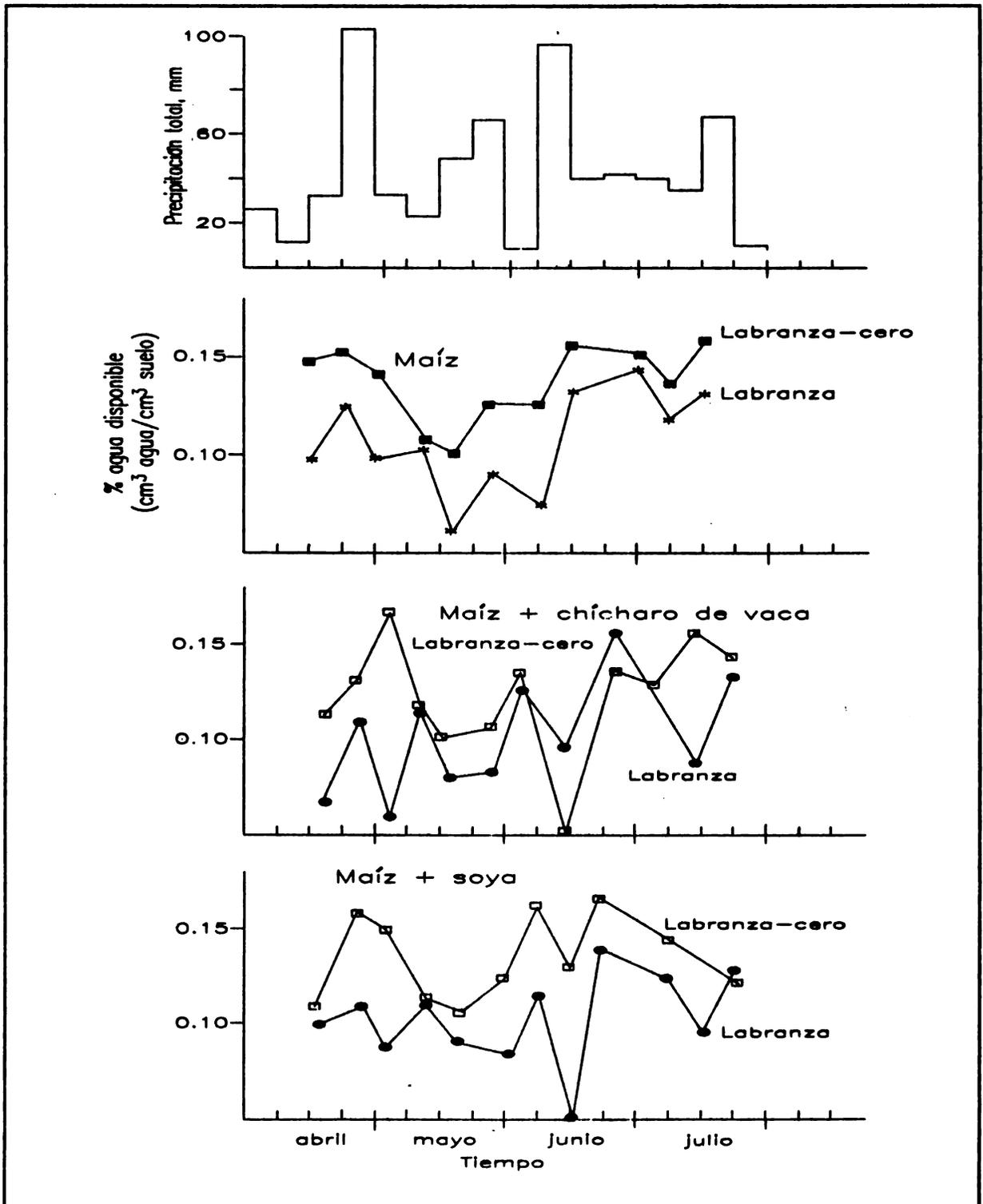


Figura 7. Precipitación total durante los meses de abril-junio y efecto de dos sistemas de labranza sobre el agua disponible para tres sistemas de cultivo (Lal 1976).

## **Labranza y erosión**

Anualmente, cerca de 11 millones de hectáreas de suelos tropicales se incorporan a la agricultura (Lal 1984b). Económicamente, una gran proporción de éstas áreas se volverán improductivas debido a problemas de erosión. Algunos estudios demuestran que los suelos de las regiones tropicales tienen tasas de erosión bastante más altas que las de los suelos templados (Lal 1984b). Los dos principales factores que afectan la erosión son el viento y las lluvias, particularmente cuando las partículas del suelo se encuentran descubiertas, sueltas, y fragmentadas. Pérdidas de suelo de 1000 ton/km<sup>2</sup>/año han sido reportadas (Lal 1984b).

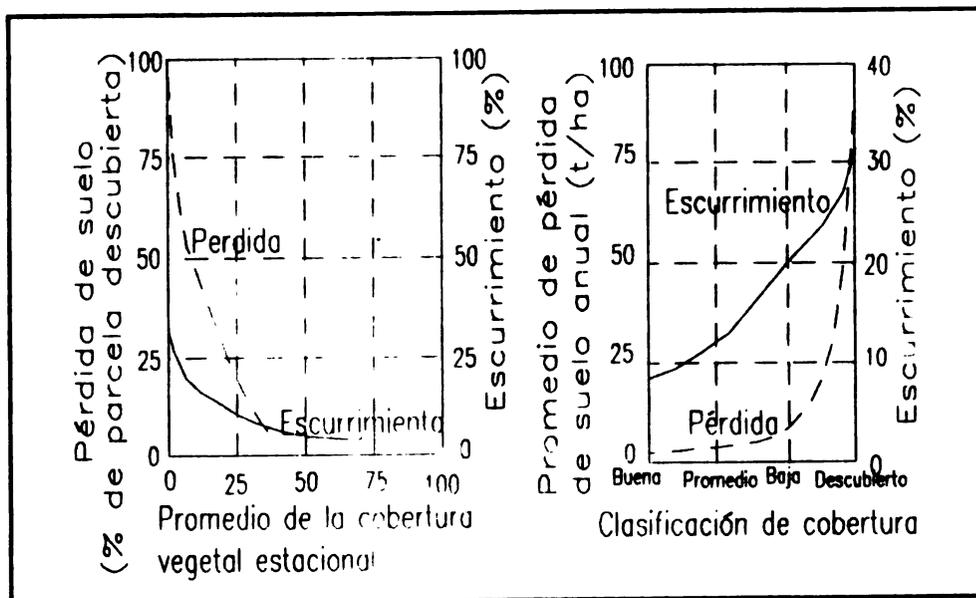
Los residuos vegetales o mantillo, y su efecto en la protección del suelo contra la erosión eólica e hídrica es la base de la labranza-cero como sistema de conservación. El uso de residuos vegetales como mantillo ha sido efectivo contra la erosión, aún en suelos de alta pendiente (Lal 1984b). Mensah and Obeng (1979) en Ghana reportaron que el uso de residuos vegetales y labranza-cero redujo el escurrimiento de 11 a 35 veces, y la erosión de 188 a 750 veces. La erosión en estos suelos con labranza convencional fue de 100-300 ton/ha/año. Suwardjo y Aburjamin (1983), (citado por Lal, 1984b) reporta que para suelos Oxisoles de Indonesia, la erosión se redujo de 500 a 15 ton/ha/año con la labranza-cero. Para Brasil las reducciones fueron desde 20% (Benatti et al. 1977, citado por Lal, 1984b) hasta 75% (Veira et al. 1978, citado por Lal, 1984b), a partir de una erosión de 15 ton/ha/año bajo labranza convencional. Resultados obtenidos en IITA (Lal 1976) con labranza-cero indican que este sistema de conservación puede utilizarse para controlar efectivamente la erosión en suelos de hasta 15% de pendiente. El uso de residuos vegetales o mantillo también tiene un efecto sobre el escurrimiento y la erosión hídrica (Unger and McCalla 1980).

La Fig. 8 muestra esquemáticamente el efecto de la cobertura vegetal sobre el escurrimiento y la erosión de los suelos. Nótese que a medida que aumenta la cobertura vegetal la erosión y el escurrimiento disminuyen considerablemente para pendientes similares. La Fig. 9 muestra datos de Lal (1976) sobre pérdidas de suelo por erosión con distintas cantidades de mantillo vegetal en función de la pendiente del suelo. Nótese que la labranza-cero es tan efectiva para controlar la erosión como la presencia de 4-6 ton/ha de mantillo.

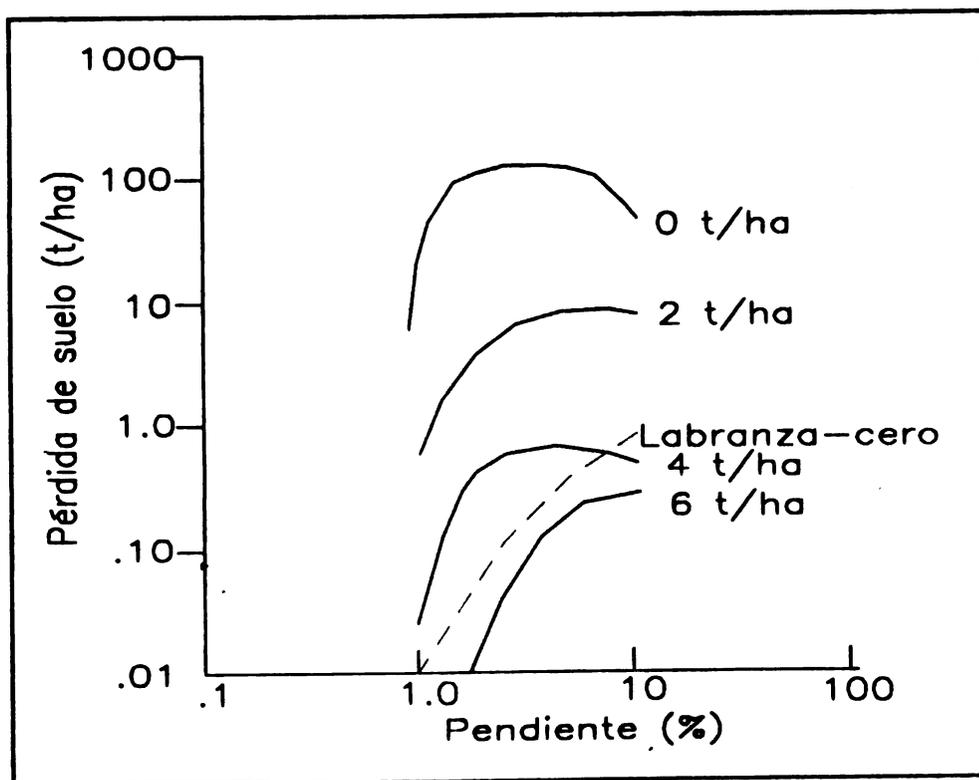
## **Labranza y temperatura**

Los residuos vegetales afectan fuertemente el régimen térmico de los suelos. El mecanismo principal es la reducción de la energía incidente a la superficie del suelo (Hillel 1982, Rosenberg et al. 1983, Van Doren and Allmaras 1978, Voorhes et al. 1981). La temperatura del suelo depende del balance energético en la superficie, del flujo de calor y de la cantidad de agua del suelo (Rosenberg et al. 1983).

En los trópicos, la temperatura del suelo generalmente no limita la productividad agrícola (Sánchez 1976). Sin embargo, en suelos arenosos tropicales y en las regiones calientes del trópico, las temperaturas pueden limitar la producción, especialmente cuando la temperatura superficial excede los 50° C (Lal 1976). Temperaturas altas en la superficie del suelo van acompañadas de altas tasas de evaporación. La germinación y el establecimiento de muchos cultivos se ve afectado por estas temperaturas. El uso de residuos vegetales o mantillo asociados con la labranza-cero reducen considerablemente la temperatura superficial de los suelos, manteniendo las plántulas en un estado más adecuado para su



**Figura 8. Efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión de suelo y el escurrimiento (Lal 1984b).**



**Figura 9. Efectos de diferentes cantidades de mantillo vegetal sobre la erosión de suelo con distintas pendientes del terreno (Lal 1976).**

desarrollo. La Fig.10 muestra datos de Lal (1976) donde la labranza-cero resultó en una reducción aproximada de 5° C a 5 cm de profundidad en comparación con la labranza convencional. Sin embargo, es importante señalar la reducción en la oscilación diaria de la temperatura del suelo por la labranza-cero y el mantillo vegetal (Fig. 11). Además cabe anotar que en suelos descubiertos hay mayor oscilación en el régimen térmico.

**Conclusiones:  
aplicabilidad de  
la labranza-cero**

La pérdida de suelo en los trópicos por erosión y deterioro estructural es alarmante (Lal 1984b). Muchos suelos tropicales están sujetos a limitaciones físicas, como poca capacidad de almacenamiento de agua, compactación y erosión. El estrés hídrico es consecuencia de temporales erráticos, baja retención de agua por el suelo, poca penetración radicular por compactación, y altas temperaturas superficiales. La erosión acelerada ocurre por los efectos dispersantes de la labranza convencional, el encostramiento y el escurrimiento teniendo como consecuencia más grave la pérdida de la productividad.

Para controlar este deterioro del suelo es necesario proteger la superficie del suelo en base a residuos vegetales en forma de mantillo y labranza de conservación. La labranza-cero es un sistema que protege la superficie y mejora la estructura del suelo. Las ventajas de éste sistema, comparado con el tradicional de arado, rastreo, etc., están bien documentadas (Lal and Greenland 1979).

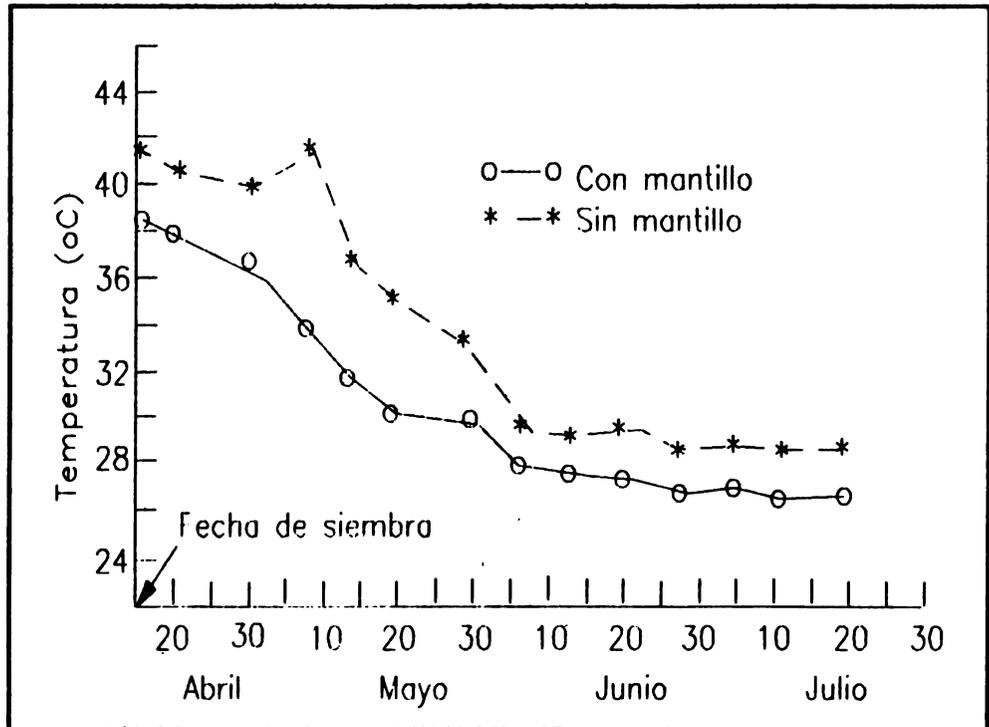


Figura 10. Efectos de un mantillo vegetal sobre la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad en maíz sembrado en IITA, Nigeria (Lal 1978).

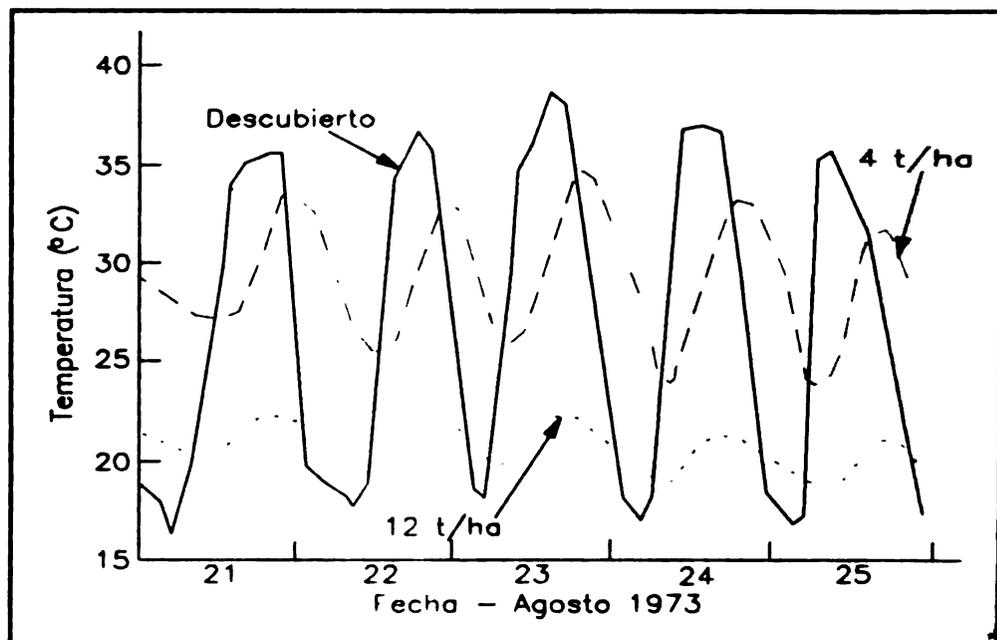


Figura 11. Efecto del mantillo vegetal (aplicado desde 0 ton/ha hasta 12 ton/ha) sobre la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad (Lal 1978).

Las condiciones físicas que favorecen la adopción de sistemas de labranza de conservación son:

1. Suelos con susceptibilidad a la erosión y la compactación. Con una cantidad apropiada de mantillo, la labranza-cero es una medida efectiva para reducir la erosión y mejorar la estructura.
2. Suelos de textura gruesa y alta porosidad. Suelos francos, bien drenados y porosos responden bien a la labranza-cero.
3. Suelos con alta actividad biológica. La presencia de micro y macro organismos del suelo ayudan a la estructuración, porosidad y estabilidad del sistema de labranza-cero.
4. Suelos donde la conservación de agua es esencial. La labranza-cero es un sistema muy eficiente en el uso del agua.
5. Suelos compactados. En éstos, la germinación y el establecimiento del cultivo se pueden ver afectados bajo sistemas de no-labranza. En estos casos, se hace necesaria la labranza para aflojar el suelo.

6. Suelos erosionados. Si los severamente degradados no responden a la labranza-cero, hasta tanto mejoren las propiedades físicas, químicas y nutricionales.
7. Mantillo vegetal. Tanto el exceso de mantillo como su carencia, pueden causar problemas en la labranza-cero.

En conclusión, los suelos frágiles del trópico pueden ser cultivados intensivamente con labranza-cero. Además, este sistema ofrece una mejor conservación de la estructura del suelo, del agua y una solución al problema de la erosión.

## **Referencias**

- Akobundu IO and Deutsch AE (1983). No-tillage crop production in the tropics. IPPC Oregon State Univ
- Allmaras RR, Ward K, Douglas CI Jr and Ekin LG (1982). Long-term cultivation effects on hydraulic properties of a walla walla silt loam. *Soil & Tillage Res.* 2:265-279.
- Awadhwal NK and Thierstein GE (1985) Soil crust and its impact on crop establishment: a review. *Soil & Tillage Res.* 5:179-196.
- Bauder JW, Randall GW and Swan JB (1981). Effect of four continuous tillage systems on mechanical impedance of a clay loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:802-806.
- Benatti R Jr, Bertoni J and Moreira CA (1977). *Rev. Bras. Cienc. Solo* 1, 121-123.
- Blevins RL, Cook D, Phillips SH and Phillips RE (1971). Influence of no-tillage on soil moisture. *Agron. J.* 63:593-596.
- Blevins RL, Thomas GW, Smith MS, Frye WW and Cornelius PL (1983). Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Res.* 3:135-146.
- Boone FR, Slager S, Miedema R and Eleveld R (1976). Some influences of zero-tillage on the structure and stability of a fine textured river level soil. *Neth. J. Agric. Sci.* 24:105-119.
- Boone FR, Kroesbergen B and Boers A (1984). Soil conditions and growth of spring barley on a tilled and untilled marine loam soil. In: *Experiences with Three Tillage Systems of a Marine Loam Soil. II 1976-1979. Agric. Res. Rep.* 925, Pudoc. Wageningen 124-166.

---

Cannell RQ and Finney JR (1973). Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. *Outl. Agric.* 7:184-189.

Cannell RQ (1983) No-tillage in relation to soil conditions and climate. In: Akobundu IO and Deutsch AE (eds.) *No-tillage crop production in the tropics.* IPPC Oregon State Univ. 138-153.

Cannell RQ (1985). Reduced tillage in north-west Europe-a review. *Soil Tillage Res.* 5:129-177.

Cassel DK (1982) Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: Unger PW and Van Doren DM (eds.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes.* ASA special publication number 44 Soil Sci. Soc. Am. Madison WI 45-67

Culley JLB, Larson WE and Randall GW (1987) Physical properties of a Typic Haplaquoll under conventional and no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am J.* 51:1587-1593.

Cunningham RK (1963). The effect of clearing a tropical forest soil. *J. Soil Sci.* 14:334-345.

Derpsch R, Sidiras N and Roth CH (1986). Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research* 8:253-263.

Doran JW (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J* 44:765-771.

Douglas JT, Goss MJ and Hill D (1980). Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer (144 Ce) technique. *Soil Tillage Res.* 1:11-18.

Douglas JT and Goss MJ (1982) Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and grassland. *Soil Tillage Res.* 2:155-175.

Ehlers W (1975). Observation on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.* 119:242-249.

Ehlers W (1976). Rapid determination of unsaturated hydraulic conductivity in tilled and untilled loess soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 40:837-840.

Ehlers W and Van Der Pleg RR (1976) Evaporation, drainage and unsaturated hydraulic conductivity of tilled and untilled fallow soil. *Z. Pflanzenemahr. Bodenkd.* 139:373-386.

Ehlers W (1977). Measurement and calculation of hydraulic conductivity in horizons of tilled and untilled loess derived soil. *Germany Geoderma* 19:1293-306.

Ehlers W, Köpke U, Hesse F and Böhm W (1983). Penetration resistance and root

growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.* 3:261-275.

Ellis FB, Elliot JG, Barnes RT and Howse KR (1977). Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 2. Spring barley on a sandy loam soil: soil physical conditions and root growth. *J. Agric. Sci.* 89:631-642.

Ellis FB, Elliott JG, Pollard F, Cannell RQ and Barnes BT (1979). Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 3. Winter wheat and spring barley on a calcareous clay. *J. Agric. Sci.* 93:391-401.

Gantzer CJ and Blake GR (1978). Physical characteristics of Le Sueur clay loam following no-till and conventional tillage. *Agron. J.* 70:853-857

Greacen EL and Williams J (1983) In *Soils. An Australian viewpoint.* 499-530. Commonwealth Scientific and Industrial Organization, East Melbourne Vic. CSIRO and Academic Press, New York.

Grohmann F (1960). Distribuição de tamanho de poros em tres tipo de solos do Estado de Sao Paulo. *Bragantia* 19:319-328

Hamblin AP (1984) The effect of tillage on soil surface properties and the water balance of a xeralfic alfisol. *Soil & Tillage Res.* 4:543-559.

Hamblin AP (1985). The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. In Brady NC (ed.). *Advances in Agronomy*, Vol. 38, Academic Press Inc., Orlando FL, 95-158.

House GJ and Parmelee RW (1985). Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil & Tillage Res.* 5:351-360.

Hill RL and Cruse RM (1985) Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am J.* 49:1270-1273.

Hill RL, Horton R and Cruse RM (1985) Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am J.* 49:1264-1270.

Hillel D (1982). *Introduction to Soil Physics.* Academic Press, New York.

Ike IF (1986). Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the nigerian savanna. *Soil & Tillage Research* 6:261-272.

Juo ASR and Lal R (1977). The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. *Plant and Soil* 47:567-584.

Kayombo B and Lal R (1986). Effects of soil compaction by rolling on soil structure and development of maize in no-till and disc ploughing systems on a tropical alfisol. *Soil & Tillage Research* 7:117-134.

---

Kemper B and Derpsch R (1980) Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research* 1:253-267.

Klute A (1982). Tillage effects on the hydraulic properties of a soil: a review. In: PW Unger and DM Van Doren (eds.), *Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes*. ASA Special Publication No. 44. Soil Sci. Soc. Am., Madison WI, 29-43.

Lal R (1976). Soil erosion problems on an alfisol in western Nigeria and their control. IITA Monograph No. 1. IITA Ibadan Nigeria.

Lal R (1979). Soil Tillage and Crop Production. Proceeding Series No. 2. IITA Ibadan Nigeria.

Lal R and Dinkins EL (1979). Tillage systems and crop production on an ultisol in Liberia. In: *Soil Tillage and Crop Production*. Proceeding Series No. 2. IITA Ibadan Nigeria.

Lal R and Greenland DJ (1979). Soil physical properties and crop production in the tropics. John Wiley & Sons Ltd.

Lal R (1984a). Mechanized tillage systems effects on soil erosion from an alfisol in water sheds cropped to maize. *Soil & Tillage Res.* 4:349-360.

Lal R (1984b). Soil erosion from tropical arable lands and its control. In: Brady NC (eds.) *Advances in Agronomy*, Vol. 37, Academic Press Inc., Orlando FL, 183-248.

Lal R (1985a). A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. *Soil Tillage Res.* 5:179-196.

Lal R (1985b). Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical alfisol in watersheds cropped to maize. *Soil & Tillage Research* 6:149-161.

Larson WE and Osborne GJ (1982). Tillage accomplishments and potential. In: Unger PG and van Doren DM (eds.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*, ASA special publication, No. 44, Soil Sci. Soc. Am., Madison WI, 1-28.

Lindstrom MJ and Onstad Ca (1984). Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. *J. Soil Water Conserv* 39:149-152.

Mensah B and Obeng HB (1979). Effects of cultural practices on soil erosion and maize production in the semi-deciduous rainforest and forest-savanna transitional zones of Ghana. In: Lal R and Greenland DJ (eds.) *Soil physical properties and crop production in the tropics*. John Wiley & Sons, New York, 509-519.

Mielke LN, Doran JW and Richards KA (1986). Physical environment near the surface of plowed and no tilled soils. *Soil Tillage Res.* 7:355-366.

Moura W and Buol SW (1972). Studies of a Latosol Roxo (Eutrustox) in Brazil. *Experientiae* 13:201-217

Negi SC, Raghavan GSV and Taylor F (1981). Hydraulic characteristics of conventionally and zero-tilled field plots. *Soil Tillage Res.* 2:281-292.

Nesmith DS, Hargrove WL, Radcliffe DE, Tollner EW and Arioglu HH (1987). Tillage and residue management effects on properties of an Ultisol and double-cropped soybean production. *Agron. J.* 79:570-590.

Nicou R and Chopart JL (1979). Water management methods in sandy soils of Senegal. In: *Soil Tillage and Crop Production. Proceeding Series No. 2.* IITA, Ibadan, Nigeria.

Ogunremi LT, Lal R, and Babalola O (1986). Effects of tillage and seeding methods on soil physical properties and yield of upland rice for an ultisol in southeast Nigeria. *Soil & Tillage Research* 6:305-324.

Pereira HC (1975). Agricultural science and the traditions of tillage. *Outlook on agriculture* 8:211-212.

Phillips RE and Phillips SH (1984). *No-Tillage Agriculture Principles and Practices.* Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York.

Potter KN, Cruse RM and Horton R (1985). Tillage effects on soil thermal properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:968-973.

Rosenberg NJ, Blaine I R, Shashi BV (1983). *Microclimate. The biological environment.* John Wiley & Sons, New York.

Sanchez PA (1976). *Properties and management of soils in the tropics.* John Wiley & Sons, New York.

Soane BD, Dickson JW and Campbell DJ (1982). Compaction by agricultural vehicles: A review. III. Incidence and control of compaction in crop production. *Soil Tillage Res* 2:3-36.

Suwardjo S and Abujamin S (1983) Malama Aina Conf., 1983, Abstracto, 59.

Tollner EW, Hargrove WL and Langdale GW (1984). Influence of conventional and no-tillage practices on soil physical properties in the southern Piedmont. *J. Soil Water Conserv.* 39:73-76.

Tomlinson TE (1974) Soil structural aspects of direct drilling. *Trans. 10th Int. Congr. Soil Sci.* 1:203-213.

Unger PW (1975). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39, 1197-1200.

Unger PW and McCalla TM (1980). Conservation tillage systems. In: Brady NC (ed.) *Advances in Agronomy Vol. 33* Academic Press Inc., Orlando FL, 1-58.

---

Unger PW and Van Doren DM (eds.) Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. ASA special publication No. 44, Soil Sci. Soc. Am. Madison WI.

Van Doren DM Jr and Allmaras RR (1978) Effect of residue management practices on the soil physical environment, microclimate and plant growth. In: WR Oschwald (ed.) Crop Residue Management, Soil Sci. Soc. Amer. Special Publication No. 56, Madison, WI.

---, Van Rooyen DJ, Hole FD (1975). Estimation of comparative water transmission in two pairs of adjacent virgin and cultivated pendants in Wisconsin. *Geoderma* 13:73-88.

BIB = Vieira MJ, Cogo NP, y Cassol EA (1978) *Rev. Bras. Cienc. Solo* 2: 209-214.

Voorhees WB, Morris MN, Allmaras RR, and Johnson EC (1981). Alleviating Temperature Stress. In: Arkin GF and Taylor HM (Editors). *Modifying the root environment to reduce crop stress*. ASAE Monograph Number 4. St Joseph Mich 217-266.

# **Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización y enclavamiento en suelos bajo labranza cero**

H. J. Barreto

## **Introducción**

La disminución de la intensidad de la labranza del suelo ha demostrado tener numerosas ventajas para la producción de cultivos. Entre las ventajas más importantes se citan: el uso más eficiente del agua, la prevención de la erosión y una disminución en los costos de manejo del cultivo.

Bajo condiciones mínimas de labranza, el desarrollo de una planta de maíz plantea numerosas preguntas inherentes al manejo de la fertilidad del suelo y al uso de fertilizantes. El cultivo continuado bajo estas condiciones ocasiona que los residuos vegetales se acumulen en la superficie del suelo y que la aplicación de agroquímicos ocurra con un grado mínimo de incorporación. Como consecuencia, la distribución de los nutrientes en el suelo se modifica, lo cual afecta su disponibilidad para la planta.

Una gran cantidad de información que documenta los cambios en las propiedades químicas del suelo a partir del cultivo continuado bajo labranza cero proviene de países como los Estados Unidos, donde este sistema de cultivo se ha popularizado enormemente. Sin embargo, existe muy poca literatura referente a la fertilización del maíz y a los cambios en las propiedades químicas del suelo, debidos al cultivo continuado bajo labranza cero en zonas tropicales. La poca información disponible sobre este tipo de labranza en el trópico impide su recomendación generalizada para todos los suelos y condiciones de cultivo. Se necesita más investigación para determinar la adaptabilidad o conveniencia de la labranza cero en suelos tropicales, en especial en aquellos suelos con problemas de acidez y/o con drenaje interno restringido.

## **Conceptos básicos**

### ■ **Sistemas de labranza**

En la labranza convencional el suelo se manipula físicamente con el fin de: lograr una mejor cama para la semilla y facilitar la germinación, minimizar la competencia por malezas, estimular la profundización radicular e incorporar residuos y fertilizantes (Lal, 1979). Bajo este sistema de cultivo, el 100% del suelo superficial y los residuos son mezclados o incorporados. Una variación de este manejo, es la labranza reducida o mínima en la cual la totalidad de la superficie se trabaja pero el movimiento de suelo se reduce substancialmente y los residuos se incorporan sólo parcialmente.

En este capítulo, el término labranza cero se refiere al tipo de manejo en el cual la semilla se introduce en el suelo con un grado mínimo de manipulación mecánica. Esta definición presupone la presencia de una cantidad variable de residuo, sin descomponer o parcialmente descompuesto, en forma de mantillo sobre la superficie del suelo; además implica que el control de malezas se lleva a cabo utilizando herbicidas apropiados (Lal, 1979).

### ■ **Labranza cero y la distribución de las raíces**

Barber (1971) reportó incrementos en la densidad de raíces del maíz en la profundidad 0-10 cm del suelo, bajo labranza cero comparado con labranza convencional. Este investigador indicó que al usar labranza cero, el sistema radicular del maíz profundizaba menos y las raíces tendían a ser más cortas y gruesas; además reportó que la remoción de los residuos de la superficie dismi-

---

nuía el crecimiento de las raíces en los 10 cm superficiales del suelo. Observaciones similares fueron hechas por Maurya y Lal (1979a). Phillips et al., citado por Thomas y Frye (1984), indicaron que la densidad de raíces en los primeros 5 cm del suelo era 11 veces más alta bajo labranza cero que bajo labranza convencional. Allmaras y Nelson (1971) observaron que el mantillo, bajo labranza cero, incrementaba el crecimiento de las raíces en los 15 cm superiores del suelo y también la extensión lateral de éstas durante los estados iniciales del desarrollo del cultivo. Triplett et al. (1969) observaron crecimiento activo de raíces en la interfase superficial del mantillo-suelo en maíz bajo labranza cero.

#### ■ Movilidad de los nutrientes

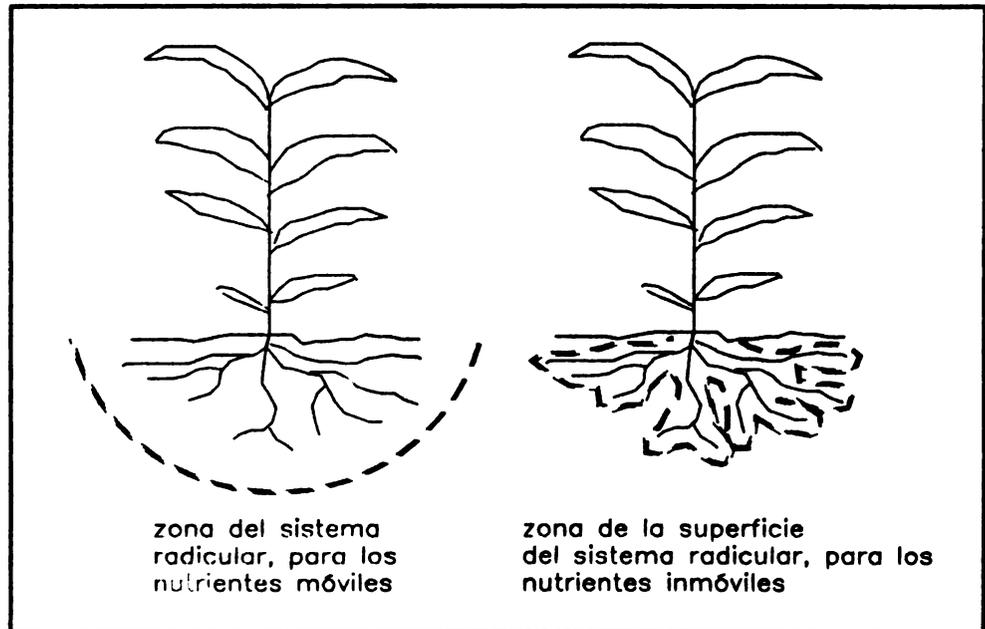
Bray (1954) incorporó la movilidad de los nutrientes como uno de los conceptos fundamentales de fertilidad del suelo. El uso de este concepto facilita el entendimiento de muchos de los procesos de distribución y eficacia de los nutrientes reportados en la literatura.

La disponibilidad de un nutriente en el suelo depende no sólo de su naturaleza física y química sino también de la capacidad de la planta para tomarlo a través de su sistema radical. Los nutrientes móviles son relativamente solubles y débilmente adsorbidos por la arcilla o la materia orgánica. Esta movilidad implica que el flujo del nutriente ocurre en la dirección neta del movimiento del agua en el suelo. En esta categoría, la forma nítrica del N y el azufre como sulfato, se comportan como nutrientes móviles en el suelo (Bray, 1954).

Al otro lado de la escala de movilidad, se encuentran: las formas adsorbidas del P, el K, el Ca y el Mg intercambiables y el amonio, aunque éste último sólo temporalmente debido a su oxidación biológica a nitrato. Los nutrientes más inmóviles son aquéllos que reaccionan en el suelo para formar productos cuya solubilidad es menor que la del material fertilizante (Thomas et al., 1980).

Estos extremos de movilidad de los nutrientes crean dos zonas de absorción radicular bien definidas. La primera de ellas incluye el volumen de suelo que contiene la mayor parte del sistema radicular y se denomina zona de absorción del sistema radicular. De esta zona, las raíces toman los nutrientes móviles (Bray, 1954). La segunda zona de absorción incluye todos aquellos volúmenes delgados de suelo adyacentes a cada raíz en los que el sistema radical obtiene los nutrientes relativamente inmóviles. Este volumen se denomina zona de absorción de la superficie radicular (Bray, 1954). Estas dos zonas están ilustradas en la Figura 1.

Una de las implicaciones teóricas más importantes del concepto de movilidad tiene que ver con las cantidades relativas de los nutrientes móviles e inmóviles que deben existir en el suelo para una nutrición vegetal adecuada. La movilidad ayuda a explicar cómo la concentración y distribución de los nutrientes en las zonas de absorción afecta su disponibilidad para la planta.



**Figura 1. Zonas de absorción radicular de acuerdo a Bray (1954) para los nutrientes móviles e inmóviles.**

Los nutrientes móviles pueden ser removidos dentro de la zona de absorción del sistema radicular en su casi totalidad, ya que el nutriente en sí es tomado por la planta con la corriente de agua dirigida hacia la raíz (flujo de masa). Esto implica que la distribución espacial del nutriente dentro de la zona de absorción radicular es de poca importancia en su toma por la planta.

Para los nutrientes inmóviles, en donde la difusión y el intercambio de contacto son procesos importantes en su absorción, existe una alta disponibilidad sólo en la inmediata vecindad y en el contacto directo de las raíces con el nutriente. Dicha disponibilidad disminuye a medida que el nutriente está más alejado de la superficie radical. La necesidad de renovación del nutriente a través de la difusión limita la eficacia de los nutrientes inmóviles. Esto ocasiona que la cantidad extraída por el cultivo tienda a ser sólo una pequeña parte de la cantidad total disponible en el suelo (Bray, 1954). Para los nutrientes inmóviles, los cambios en la concentración del nutriente en la zona de absorción y su incorporación con volúmenes limitados de suelo incrementan la disponibilidad para la planta (Randall y Hoefft, 1988).

---

**Materia orgánica, propiedades químicas y fertilización bajo labranza cero**

■ **Materia orgánica**

La ausencia de labranza incrementa la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo, protegiéndolo contra la erosión, pero también induce modificaciones grandes en los procesos químicos y bioquímicos del suelo. El incremento en el contenido de C orgánico en la superficie del suelo bajo labranza cero ha sido ampliamente documentado en la literatura (Dick, 1983, 1984; Blevins et al., 1983; Ike, 1986; Lock y Coughlan, 1984; Wells, 1984).

Doran (1980) reportó una mayor actividad biológica en la superficie del suelo bajo labranza cero, medida como un incremento en el número de microorganismos de diversos grupos ecológicos. Dick (1984) indicó una mayor actividad biológica en la superficie del suelo bajo labranza cero a juzgar por una mayor actividad enzimática en los primeros 7.5 cm de éste.

Blevins et al. (1977) observaron que el nivel de C orgánico en el suelo aumentó con la fertilización nitrogenada bajo labranza cero y anotaron que con la dosis de 336 kg/ha de N, el contenido de C orgánico era similar al del suelo de pradera que había permanecido sin labrar durante 50 años. Esta preservación de la integridad del suelo fue reiterada por los mismos autores al evaluar el suelo bajo labranza cero después de 10 años consecutivos de manejo, y constituye uno de los beneficios mayores de este método de cultivo en relación al mantenimiento de los sistemas agrícolas a largo plazo (Blevins et al., 1983). Follet y Peterson (1988) indicaron que la adopción de la labranza cero mantuvo el contenido de materia orgánica y la fertilidad del suelo a un nivel similar al encontrado en los suelos nativos de pradera.

■ **Mecanismos que afectan la disponibilidad del N**

No existe una controversia mayor en lo relativo a la fertilidad del suelo bajo labranza cero que aquella que concierne a la eficiencia de los fertilizantes (Lal, 1979a). Reportes en la literatura con respecto a rendimientos del maíz fertilizado, bajo labranza cero, son muy variados y en ciertos casos contradictorios. Lal (1979a), Shenk et al. (1983) y Triplett et al. (1969) reportaron mayores rendimientos bajo labranza cero comparados con los de la labranza convencional a diferentes niveles de fertilización con N. Wells, (1984) y Legg et al. (1979) indicaron mayores rendimientos de materia seca bajo labranza cero comparado con los de la labranza convencional. Bandel et al. (1975), Blevins et al. (1983), Lindsay et al. (1983), Moschler y Martens (1975) y Rice et al. (1986) observaron menores rendimientos bajo labranza cero, pero a dosis bajas de fertilización con N. Adams et al. (1973), Kang y Yunusa (1977) y Shear y Moschler (1969) encontraron menores o iguales rendimientos bajo labranza cero pero sólo en los primeros años de implantado este sistema de cultivo. La Figura 2 ilustra el efecto de la labranza y la aplicación del N en el rendimiento y la toma del N, según Moschler y Martens (1975) citado por Wells (1984).

Para explicar los bajos rendimientos bajo labranza cero, la literatura reporta diferentes cambios en los procesos del N en el suelo. En esto es importante tener presente las transformaciones básicas del N en el suelo como se ilustra en la Figura 3.

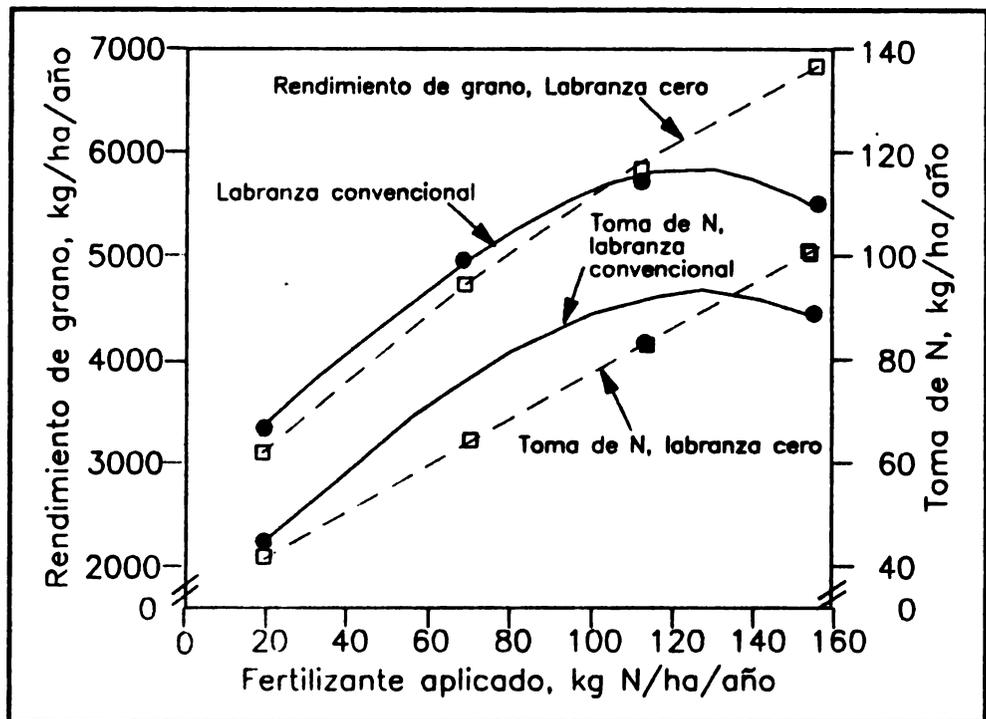


Figura 2. Efecto de la labranza y la aplicación de N en el rendimiento y toma de N en el maíz (datos de Moschler y Martens, 1975, tomado de Wells, 1984).

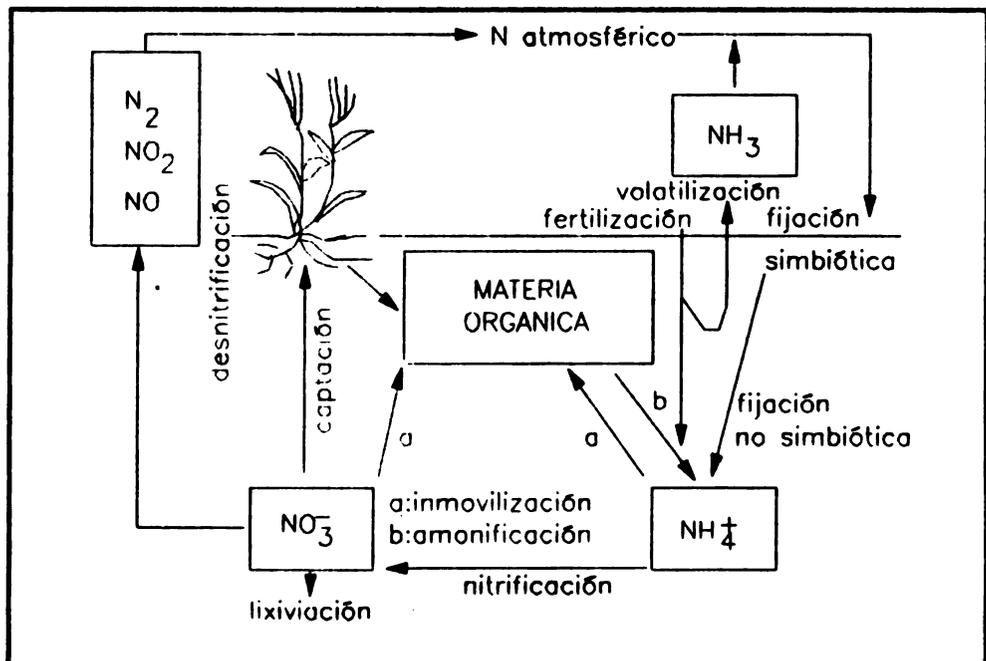


Figura 3. Principales transformaciones del N en el suelo.

### ■ Mineralización e Inmovilización del N

Los cambios en las relaciones de mineralización e inmovilización del N como resultado de la acumulación diferencial, en el perfil de suelo, de la materia orgánica bajo labranza cero, han sido documentados, y en general indican que el potencial de inmovilización del N es mayor bajo labranza cero. Rice y Smith (1984), demostraron que casi el doble del N proveniente del fertilizante se inmovilizaba bajo labranza cero comparado con el de labranza convencional. Estos mismos investigadores indicaron que la inmovilización del N ocurría durante los primeros siete días después de la aplicación del fertilizante. Esto implicaría que la toma de nutrientes por la planta podría ser afectada en los estados iniciales del crecimiento debido a esta reducción de N rápidamente disponible. Este mayor potencial de inmovilización está de acuerdo con la mayor actividad microbiana reportada en la superficie de suelos bajo labranza cero (Doran, 1980).

Dick (1983) indicó que la cantidad total de N en los primeros 7.5 cm en un alfisol y 15 cm superficiales de un alfisol mólico, después de 19 años de cultivo continuo, era mayor en labranza cero que bajo labranza convencional. Kitur et al. (1984) reportaron que en labranza cero, el N inmovilizado estaba concentrado en la superficie del suelo, mientras que éste se encontraba uniformemente distribuido bajo labranza convencional.

Eckert et al. (1986), indicaron que la respuesta positiva en el rendimiento del maíz dependía de la fuente de N utilizada. Esto ocurría únicamente cuando el residuo del cultivo anterior era maíz, ya que cuando el residuo era de soya, todas las fuentes de N se comportaban igual y no existían diferencias en el rendimiento. Estos resultados resaltan el papel que la relación C/N juega en la mineralización de los residuos vegetales y la disponibilidad del N bajo labranza cero (Pinck et al., 1946). Power et al. (1986) indicaron que el N inmovilizado por el maíz no estuvo disponible para el cultivo siguiente, lo que sugiere que la mineralización del N inmovilizado es muy lenta, al menos cuando el cultivo anterior es maíz. En relación a esto, Alexander (1961) indicó que el potencial de descomposición de los residuos vegetales estaba más relacionado con el contenido de lignina que con el contenido mismo de carbono.

Otro aspecto que puede disminuir la disponibilidad del N en labranza cero es la descomposición más lenta de los residuos acumulados en la superficie, en comparación con la descomposición cuando los residuos se incorporan al suelo (Parker et al, 1957). La baja mineralización de los residuos vegetales es la razón principal por la cual se recomienda la aplicación de mayores cantidades de fertilizante nitrogenado bajo labranza cero (Phillips et al., 1980).

Juo y Lal (1979), indicaron que los rendimientos de maíz, con la misma dosis de fertilización nitrogenada eran consistentemente mayores en labranza cero, comparado con los de labranza convencional después de seis años de cultivo continuo. Rice et al (1986), reportaron que después de nueve años continuos de labranza cero, las diferencias en rendimientos desaparecieron en relación a la labranza convencional. Estos reportes sugieren que la baja disponibilidad del N causada por la inmovilización es un fenómeno temporal y que después de un tiempo variable de cultivo continuado bajo labranza cero, un nuevo equilibrio se establece en las relaciones de mineralización e inmovilización del N en el suelo.

Este nuevo equilibrio aproxima la disponibilidad del N bajo labranza cero a aquella observada en sistemas de labranza convencional. Es evidente la importancia de experimentos a largo plazo bajo labranza cero en la obtención de recomendaciones adecuadas.

#### ■ Nitrificación

La literatura reporta que la labranza cero continúa tiene efectos en la nitrificación debido a cambios en la ecología microbiana. Doran (1980) indicó que el número de microorganismos de cada uno de los grupos ecológicos estudiados (aeróbicos, heterótrofos, facultativos, desnitrificadores y nitrificadores autótrofos) aumentó debido a la presencia de residuos en la superficie del suelo y que además la actividad metabólica aumentaba a medida que se acumulaba el residuo. Es importante anotar que, en este estudio, el grupo de organismos desnitrificadores se incrementó dramáticamente bajo labranza cero.

Rice et al. (1981) reportaron que en las primeras semanas después de la fertilización con amonio, el nitrato se acumulaba más rápidamente en los suelos bajo labranza cero, indicando así un incremento de la nitrificación. Hoyt et al. (1980) reportaron bajas concentraciones de nitrato en los primeros 10 cm de suelo bajo ambos sistemas de cultivo, pero significativamente mayores bajo labranza convencional a profundidades mayores. Así mismo, reportaron mayores concentraciones de amonio bajo labranza cero, que sugieren un retardo de la nitrificación. Dowdell et al. (1983) indicaron concentraciones de nitrato más bajas en suelos bajo siembra directa que en suelos labrados y explicaron que esto se debía a una menor mineralización de la materia orgánica y a pérdidas por desnitrificación. Rice y Smith (1983) al utilizar el isótopo  $^{15}\text{N}$ , examinaron las tasas de nitrificación bajo los dos sistemas de cultivo y concluyeron que las diferencias observadas se debían a la cantidad de sustrato disponible para los organismos nitrificadores, y que bajo labranza cero hay una menor mineralización del N y una menor disponibilidad de amonio mineralizado a partir de la materia orgánica, lo cual obviamente, retarda la nitrificación. Cuando el N es añadido al suelo como fertilizante, la limitación en el sustrato desaparece y la nitrificación es controlada por otros factores tales como la humedad, el pH, y la temperatura. Dado que bajo labranza cero la humedad es más abundante, ésta contribuye a aumentar la nitrificación en este sistema de cultivo.

Groffman (1984), midió la nitrificación durante un año en suelos bajo labranza cero y bajo labranza convencional y concluyó que la nitrificación fue más alta en los 5 cm superficiales bajo labranza cero comparado con la de la misma profundidad bajo labranza convencional.

#### ■ Desnitrificación

En la medida que el suelo se satura con agua y el oxígeno se excluye, se crean condiciones favorables para la descomposición anaeróbica por parte de las bacterias desnitrificadoras (Tisdale et al., 1985). Aulakh et al. (1984) y Doran (1980) observaron que los organismos desnitrificadores se incrementaban grandemente en la superficie de suelo, bajo labranza cero. Blevins et al. (1971) encontraron mayor contenido volumétrico de agua en los primeros 60 cm del perfil de suelo bajo labranza cero. Con un mayor almacenamiento de agua en suelos bajo labranza cero en relación a la labranza convencional, es factible sospechar

---

pérdidas gaseosas por desnitrificación. Groffman (1984) comparando sistemas de labranza, reportó que la desnitrificación era más alta en la capa superficial del suelo bajo labranza cero y más baja a profundidades mayores. Sin embargo, estas diferencias en las tasas de desnitrificación desaparecían cuando se consideraba el perfil total del suelo.

Rice y Smith (1982) reportaron que las tasas de desnitrificación eran más altas en suelos de labranza cero debido a las condiciones de humedad más favorables para la nitrificación. Aulakh et al. (1984) y Burford et al. (1981) observaron mayores pérdidas de N gaseoso por desnitrificación en suelos bajo labranza cero.

La información que se encuentra en la literatura con referencia a la desnitrificación no permite hacer generalizaciones sobre el efecto de este proceso en la eficiencia del N en suelos bajo labranza cero; sin embargo, la desnitrificación tiene la posibilidad de ser importante en suelos imperfectamente drenados donde la acumulación de agua, unida a un alto contenido de materia orgánica, facilitan este proceso (Thomas y Frye, 1984).

#### ■ Lixiviación del nitrato

Las diferencias del movimiento del agua en el suelo causadas por el método de labranza, se ven reflejadas en el movimiento del nitrato en el suelo por su condición de nutriente móvil. Bajo labranza cero, existen muchos canales prácticamente intactos que se pueden extender profundamente en el suelo. Además, la poca evaporación del agua bajo labranza cero y el movimiento del agua a través de los poros grandes, determinan un movimiento del nitrato a profundidades mayores que bajo labranza convencional (Thomas et al., 1980).

Loch y Coughlan (1984) reportaron incrementos en la infiltración profunda bajo labranza cero, debido a la presencia de grietas que podrían contribuir a una mayor lixiviación del nitrato. Thomas et al. (1980) reportaron que las pérdidas por lixiviación ocurrían bastante pronto después de la siembra, por lo que ellos sugerían la aplicación fraccionada del N para así mejorar la eficiencia de la fertilización. La Figura 4 ilustra el movimiento del nitrato en el perfil del suelo después de 5.5 cm de lluvia, según datos de Thomas et al. (1980).

#### ■ Volatilización del amoníaco

La literatura informa sobre la baja eficiencia del uso del N, especialmente de la urea, cuando se aplica en la superficie de suelos bajo labranza cero. Esto ha provocado interés en el estudio de pérdidas de N debido a volatilización del amoníaco. Keller y Mengel (1986) registraron pérdidas de hasta 30% del N aplicado a suelos bajo labranza cero. Además, indicaron que dichas pérdidas ocurrían durante los primeros 5 días después de su aplicación. Harding et al. (1963) observaron pérdidas de amoníaco con aplicaciones al voleo de urea en suelos bajo labranza cero.

Cambios en el patrón de volatilización del amoníaco asociados con métodos de labranza, han sido observados por Barreto (1987). El efecto de la labranza en el patrón de volatilización se presenta en la Figura 5.

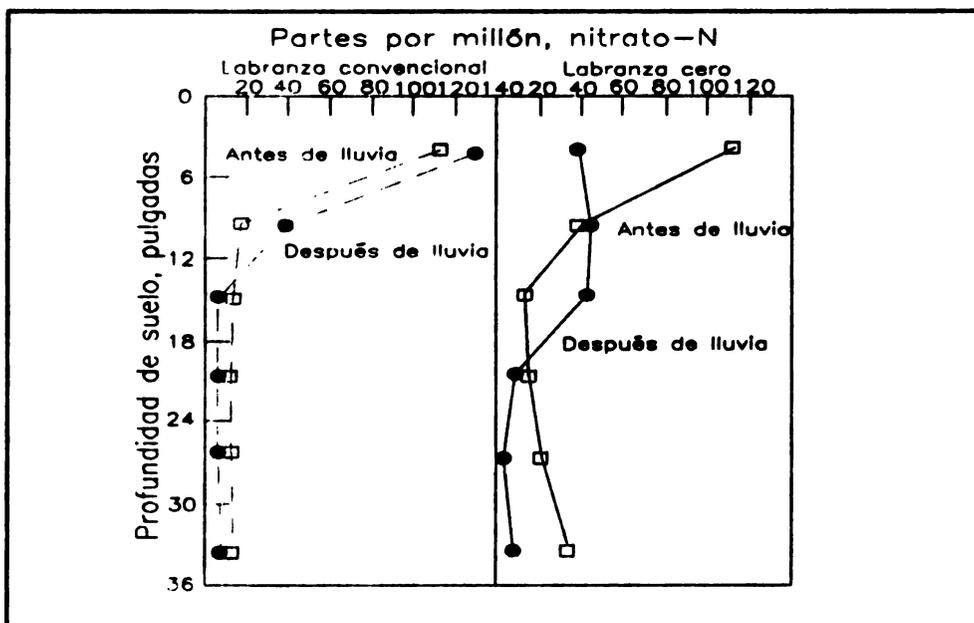


Figura 4. Efecto de la labranza en la movilidad del nitrato después de la aplicación de 5.5 cm de agua (Thomas et. al., 1980).

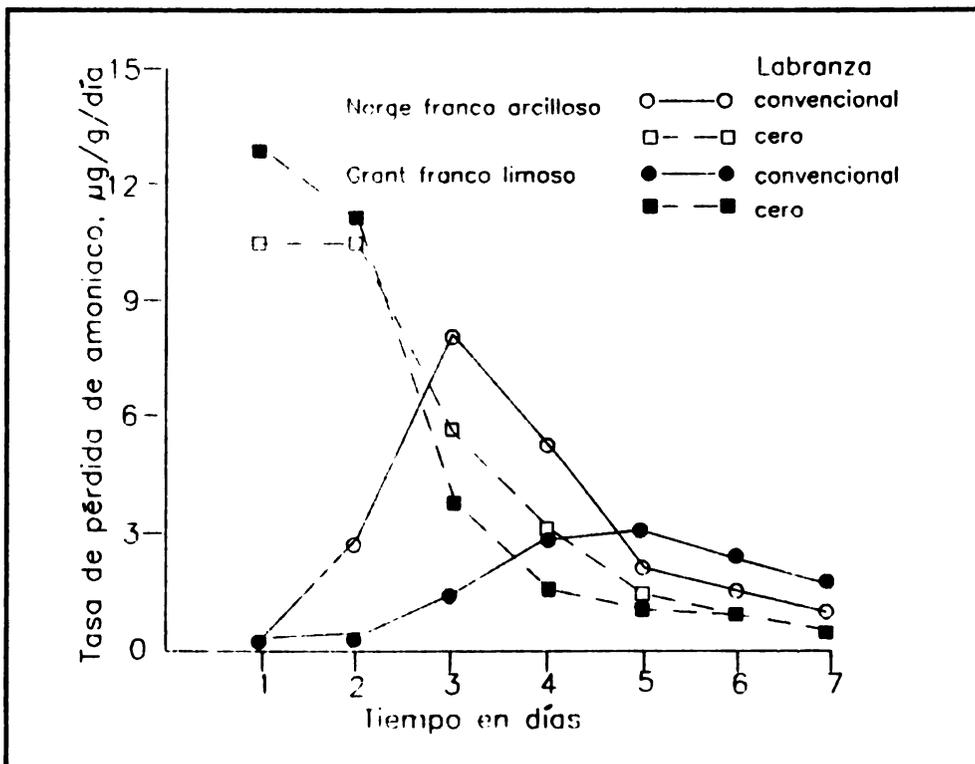


Figura 5. Efecto de la labranza en el patrón de volatilización del amoniaco a partir de aplicaciones superficiales de urea (Barreto, 1987).

Existe evidencia indicando que los cambios en la concentración de la enzima ureasa en la superficie del suelo, bajo labranza cero, incrementan las tasas de hidrólisis de urea, lo cual puede afectar a las pérdidas por volatilización (McInnes et al., 1986). El efecto del sistema de labranza en la distribución de la enzima ureasa a medida que varía la profundidad, utilizando datos de Dick (1984), se presenta en la Figura 6

Al existir una mayor actividad de la enzima ureasa asociada con los residuos en la zona de aplicación del fertilizante, se define el sitio donde la hidrólisis tiene lugar. La presencia de residuos en la superficie del suelo puede duplicar la tasa de hidrólisis de la urea en el suelo (Barreto, 1987). La hidrólisis en la interfase residuo-suelo incrementa el potencial de volatilización del amoníaco en dos formas. En la primera, el residuo, por tener baja capacidad de retención de cationes y baja capacidad amortiguadora del pH, permite que el pH de la solución se incremente durante la hidrólisis, causando una mayor cantidad de amoníaco en la solución y de hecho un mayor potencial de volatilización (Nelson, 1982). En la segunda, el cambio de forma química de urea a amonio, causa cambios en la movilidad de los productos de la hidrólisis, porque la urea, al ser poco adsorbida por los coloides del suelo, se puede mover libremente en él, mientras que el amonio, al tener una carga positiva, es retenido por la arcilla, causando su acumulación en la superficie donde se puede perder como amoníaco (Fenn y Miyamoto, 1981). En una comparación de ambos métodos de labranza, Barreto (1987) concluyó que la inmovilización del N por los microorganismos y la volatilización del amoníaco contribuyeron a la baja recuperación de la urea aplicada a suelos bajo labranza cero.

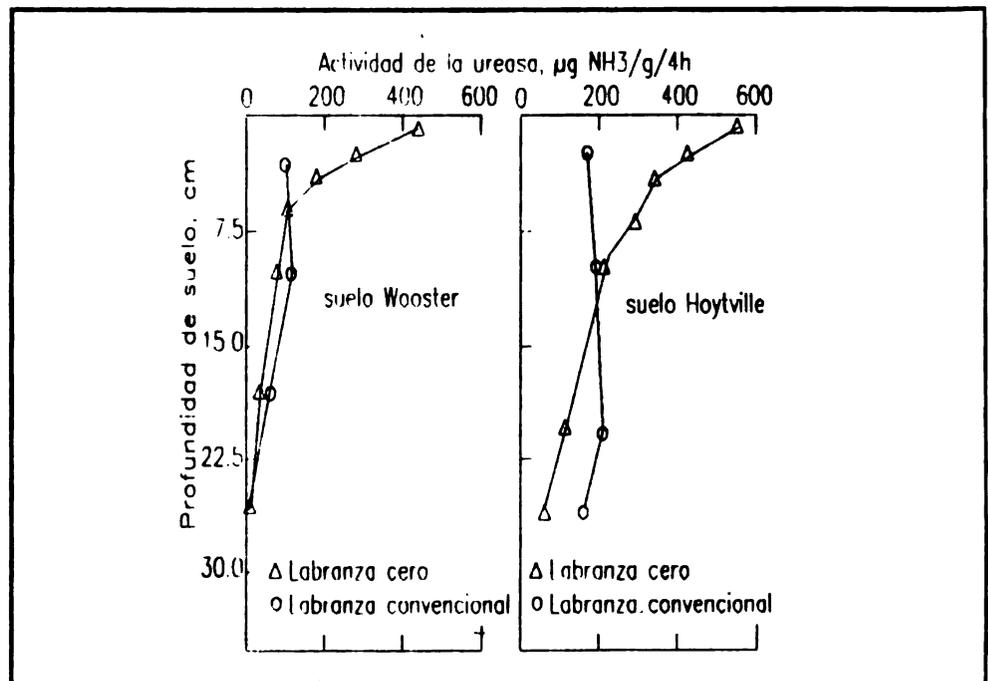


Figura 6. Efecto de la labranza en la actividad y distribución de la ureasa en el suelo (Dick, 1984).

### ■ Fertilización nitrogenada

La urea, debido a su alta concentración de N, facilidad de manejo, ventajas económicas en su manufactura y bajo nivel de corrosión, ha llegado a ser una fuente importante entre los fertilizantes nitrogenados, especialmente en países en vías de desarrollo (Bridges, 1980; Hagin y Tucker, 1982). Debido al alto costo de la fertilización nitrogenada en los sistemas de cultivo de no leguminosas, las pérdidas por ineficiencia del fertilizante pueden disminuir en parte, la ventaja comparativa de la labranza cero con respecto a la conservación de energía (Touchton y Hargrove, 1982).

Bandel et al. (1984, 1980) indicaron que la eficiencia de la urea era menor que la del nitrato de amonio aplicado a suelos bajo labranza cero. Keller y Mengel (1986) también indicaron baja eficiencia en el uso de la urea cuando se aplicaba directamente a la superficie en suelos no labrados.

La baja eficiencia del N en sistemas de labranza cero puede ocurrir debido a uno o varios de los procesos del N en el suelo, ya mencionados anteriormente.

El método más barato de aplicación de fertilizantes con el que se cuenta en los sistemas de labranza cero, es la aplicación superficial y sin incorporación con el suelo. Bandel et al. (1984) observaron diferencias en el rendimiento de maíz debido al método de aplicación cuando la urea era la fuente fertilizante. Los rendimientos fueron más bajos cuando la urea se aplicó al voleo que cuando se aplicó inyectada al suelo. Sin embargo, no se observaron diferencias debido al método de aplicación cuando se utilizó nitrato de amonio. Violic et al. (1982) reportaron una respuesta positiva en el rendimiento de maíz cuando la aplicación del fertilizante nitrogenado era localizada. Mengel et al. (1982) observaron rendimientos más altos con aplicación sub-superficial de urea que con aplicación al voleo. Reeves y Touchton (1986) reportaron rendimientos más altos con urea en bandas sub-superficiales aplicadas cinco semanas después de la siembra. Kang y Messan (1983) observaron baja eficiencia de la urea aplicada al voleo y sugirieron su aplicación en forma localizada con el fin de disminuir pérdidas por volatilización de amoníaco. Palmer (1985) enfatizó la importancia de experimentos a largo plazo para la obtención de recomendaciones de fertilización válidas para la zona tropical del norte de Veracruz, México, debido en gran parte a la variabilidad en la fertilidad nativa del suelo.

Aunque existe muy poca información sobre las dosis óptimas de fertilización nitrogenada en suelos bajo labranza cero en los trópicos húmedos, en general, se recomiendan dosis de N más altas durante los primeros años de establecimiento de labranza cero para compensar por la baja mineralización de la materia orgánica, la posible desnitrificación y/o la volatilización del amoníaco. La aplicación fraccionada del N aparece como un método eficiente de aplicación a suelos en los trópicos húmedos.

**Mecanismos que afectan la disponibilidad del P y K**

**■ Estratificación de los nutrientes en la superficie**

La aplicación superficial al suelo de los nutrientes relativamente inmóviles y la posibilidad limitada de incorporación, bajo labranza cero, afectan la concentración y distribución de nutrientes en el perfil. El resultado es generalmente una acumulación o estratificación de los nutrientes inmóviles, muy cerca de la superficie del suelo (Hargrove, 1985; Hargrove et al., 1982; Ike, 1986; Kang y Yunusa, 1977; Shear y Moschler, 1969). Un factor adicional que causa la estratificación en el suelo bajo no labranza es la incorporación limitada de los residuos vegetales (Eckert y Johnson, 1985).

La magnitud de la estratificación de los nutrientes inmóviles depende de la dosis del fertilizante y de la capacidad fijadora del suelo. Mackay et al. (1987) reportaron que después de nueve años de labranza cero, el P y K disponibles se acumularon en los primeros 7.5 cm del suelo. Las cantidades de P disponible en labranza cero dividido entre el P disponible en labranza convencional, puede ser usado como un índice de la estratificación, y se presenta en el Cuadro 1. La Figura 7 ilustra el fenómeno de la estratificación según datos de Hargrove, (1985).

**Cuadro 1. Relación entre las disponibilidades en labranza cero y labranza convencional de P y K en diferentes profundidades del suelo.**

<i>Indice de Estratificación</i> *			
<i>Profundidad,cm</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Estudios</i>
0-2.5	1.74	1.81	Fink y Wesley (1974)
0-2.5	2.93	1.46	Triplett et al.(1969)
0-2.5	2.40	-	Kang y Yunusa (1977)
0-5.0	2.00	0.92	Ike (1986)
0-5.0	1.73	1.81	Jou y Lal (1979)
0-5.0	2.83	1.32	Muzilli (1982)
0-5.0	1.26	0.80	Muzilli (1982)
2.5-5.0	1.13	1.40	Fink y Wesley (1974)
2.5-5.0	2.52	1.22	Triplett et al.(1969)
2.5-5.0	2.44	-	Kang y Yunusa (1977)
0-7.5	3.50	-	Hargrove (1985)
0-7.5	2.20	1.62	Hargrove et al.(1982)
0-7.5	3.34	2.00	Mackay et al.(1987)
5-7.5	0.45	1.12	Fink y Wesley (1974)
5-7.5	1.57	0.94	Triplett et al.(1969)
5-10.0	1.77	1.30	Jou y Lal (1979)
5-10.0	1.75	1.23	Muzilli (1982)
5-10.0	1.03	0.72	Muzilli (1982)

\* los indices de estratificación fueron calculados para cada estudio, como la cantidades del nutriente extraído bajo labranza cero dividido entre la cantidad extraídas bajo labranza convencional.

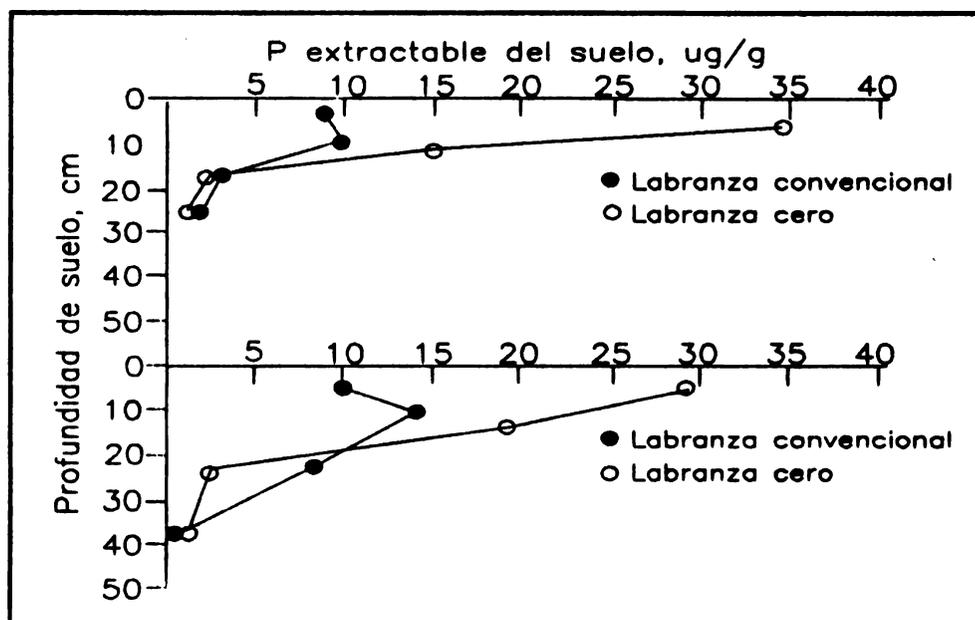


Figura 7. Efecto de la labranza en la estratificación del P en el suelo (Hargrove, 1985).

Estos datos ilustran claramente la estratificación para el P y además sugieren una tendencia de acumulación para el K en la superficie; sin embargo esta última no es determinante. Dado que puede existir hasta tres veces más P disponible en los primeros 5 cm del suelo bajo labranza cero, es posible que la disponibilidad de este elemento, al menos en ese estrato superficial, sea significativamente mayor que bajo labranza convencional.

Eckert y Johnson (1985) indicaron que la estratificación no es un fenómeno confinado a suelos bajo labranza cero sino que ocurre en todos los suelos, sin importar el método de aplicación del fertilizante. Estos autores sugieren que la toma de nutrientes por la planta y la acumulación y descomposición localizada de los residuos en labranza cero, contribuyen significativamente a esta redistribución de los nutrientes.

#### ■ Eficiencia de la fertilización con P y K

Phillips et al. (1980) informaron que las aplicaciones superficiales de P al suelo bajo labranza cero eran más eficientes que la localización en bandas o la incorporación en suelo bajo labranza convencional. Estos mismos autores indicaron que no existían diferencias con respecto al K. Triplett et al. (1969) indicaron que el mantillo, al ofrecer mayor humedad en la zona superficial, promovía un crecimiento adecuado de las raíces del maíz que hacía que el P fuese más disponible en virtud de su posición. Singh et al. (1966) reportaron que el P y el K eran igual o más disponibles para la planta bajo labranza cero que cuando eran incorporados al suelo bajo labranza convencional. Belcher y Ragland (1972) demostraron que la aplicación del P a la superficie del suelo era igualmente efectiva a su colocación en bandas, y que el P aplicado a la superficie estaba

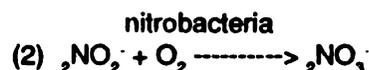
disponible para las plantas de maíz desde muy temprano en el desarrollo del cultivo. Violic et al. (1982) observaron que la aplicación del P al voleo, en un suelo arcilloso de pH neutro, era tan efectiva como la aplicación localizada. Por otra parte, Agboola (1981) reportó que la colocación del fertilizante en bandas era más eficiente que su aplicación a la superficie bajo no labranza. En general, los resultados de estos estudios indican que la disponibilidad del P aplicado a la superficie es igual o mayor que la disponibilidad del P incorporado al suelo.

Aunque en este momento no hay un mecanismo claro que explique este efecto, el concepto de movilidad de Bray (1954) sugiere que incrementos en la densidad radical o cambios en el patrón de fertilidad del suelo (incrementos en la concentración efectiva del nutriente inmóvil), mejoran significativamente la capacidad de la planta para obtener dicho nutriente. En el caso de la labranza cero, estas dos circunstancias ocurren simultáneamente, lo cual explicaría la mayor disponibilidad del P aplicado en la superficie. Un factor adicional es una mayor humedad disponible en la zona de alta actividad radicular, lo que incrementa la tasa de difusión de P hacia las raíces y la toma de P por la planta (Phillips et al., 1980). Mientras que la aplicación del P en bandas en suelos labrados en forma convencional ha mejorado la eficacia de su uso, las aplicaciones al voleo han demostrado respuestas iguales o superiores en sistemas de labranza cero o mínima (Singh et al., 1966; Raun et al., 1987). La aplicación de P al voleo, constituye en sí un método de colocación del P en bandas horizontales (Raun et al., 1987). Las ventajas de la localización del P, en la producción de maíz, han sido resumidas por (Randall y Hoelt, 1988).

#### ■ Acidez y enclamiento

Entre los factores causantes de la acidez en el suelo se citan la descomposición de la materia orgánica, la lixiviación de bases intercambiables y la fertilización nitrogenada con fuentes amoniacales (Tisdale et al., 1985). Este último factor se ha reportado como el más importante en la acidificación de suelos bajo labranza cero (Moschler y Martens, 1973; Pierre et al., 1971; Thomas et al., 1980; Triplett et al., 1969).

Todos los fertilizantes que contienen amonio se transforman en nitrato en el suelo a través del proceso microbiano de la nitrificación. La nitrificación se puede resumir en las reacciones siguientes:



La acidez se produce en la primera reacción. La segunda reacción es muy rápida, de tal manera que el nitrito no se acumula en el suelo en condiciones normales. En suelos medianamente ácidos (pH 5.5-6.5), existe un potencial de reducción en el rendimiento con el uso continuo de fertilizantes ácidos en ausen-

cia de un programa de encalamiento adecuado (Westerman, 1981). Sin embargo, esta acidificación del suelo no siempre es dañina, ya que en suelos alcalinos con alta capacidad amortiguadora del pH, dicha acidez puede ser aún beneficiosa (Westerman, 1981).

No todos los fertilizantes nitrogenados causan acidez en la misma proporción. El Cuadro 2 presenta algunas reacciones teóricas que ilustran el proceso de acidificación para dos fertilizantes comunes: el sulfato de amonio y la urea. En estas reacciones X-Ca se refiere al complejo de cambio del suelo que contiene bases intercambiables (p.e. Ca).

**Cuadro 2. Reacciones de fertilizantes nitrogenados en el suelo.**

Sulfato de amonio		
a) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{X-Ca}$	----->	$\text{CaSO}_4 + \text{X}-(\text{NH}_4)_2$
b) $\text{X}-(\text{NH}_4)_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$	----->	$\frac{1}{2}\text{HNO}_3 + \text{X-H}_2^{++} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
c) $\frac{1}{2}\text{HNO}_3 + \text{X-Ca}$	----->	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{X-H}_2^{++}$
Acidez resultante = $4\text{H}^+$ / mol de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		
Urea		
a) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	----->	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
b) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{X-Ca}$	----->	$\text{X}-(\text{NH}_4)_2 + \text{CaCO}_3$
c) $\text{X}-(\text{NH}_4)_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$	----->	$\frac{1}{2}\text{HNO}_3 + \text{X-H}_2^{++} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
d) $\frac{1}{2}\text{HNO}_3 + \text{X-Ca}$	----->	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{X-H}_2^{++}$
e) $\text{X-H}_2^{++} + \text{CaCO}_3$	----->	$\text{X-Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
Acidez resultante = $2\text{H}^+$ / mol de urea		

Aunque la acidez teórica del sulfato de amonio es de  $4\text{H}^+$ /mol, ésta nunca es tan alta, ya que la planta absorbe amonio y nitratos y, además, existen pérdidas por desnitrificación y/o volatilización de amoniaco que disminuyen la cantidad de amonio y de nitrato en el suelo (Westerman, 1981).

Jolley y Pierre (1977) demostraron que la cantidad de acidez que se desarrollaba por unidad de N aplicada, se incrementaba a medida que la cantidad de N excedía a la cantidad requerida para rendimientos óptimos.

Las condiciones de aplicación superficial de los fertilizantes nitrogenados en labranza cero, causan un descenso en el pH que se manifiesta más notoriamente en los primeros centímetros del perfil del suelo (Blevins et al., 1977; Phillips et al., 1980). Este incremento en la acidez en la parte superficial del suelo bajo labranza cero, generalmente coincide con bajos niveles de calcio intercambiable. Messick

---

et al. (1984) reportaron que el nitrato y el Ca y otras bases se pueden combinar y, de tal manera, lixiviarse a partir de los horizontes superficiales. Mahler y Harder (1984) indicaron que aunque la labranza afectó la localización de la acidez, la magnitud y profundización de ésta dependía de las dosis de fertilización nitrogenada.

Aunque la reducción en pH debido a la fertilización amoniacal es un hecho bien documentado, existe evidencia contradictoria en lo que respecta al efecto de dicha acidez en el rendimiento de maíz bajo labranza cero. Thomas (1975) y Blevins et al. (1977) concluyeron que el Al intercambiable en la superficie del suelo bajo labranza cero era mantenido a niveles bajos debido a una mayor cantidad de materia orgánica presente en esta capa superficial. Hargrove y Thomas (1981) explicaron que la adición de materia orgánica disminuía el contenido de Al intercambiable a cualquier pH del suelo, de tal manera que se disminuía en él la toxicidad por Al. Por otra parte, Thomas y Frye (1984), reportaron que después de doce años de labranza cero, tanto el Al como el Mn mostraban elevadas concentraciones, reportando incrementos del 100% del Al intercambiable después de cinco años de labranza cero.

Maurya y Lal (1979) encontraron una respuesta positiva en el rendimiento de maíz, debido a la aplicación de cal a suelos bajo labranza cero. Estos investigadores también observaron que el pH del suelo, después de la aplicación de cal, era mayor en los primeros 10 cm del suelo bajo labranza cero que bajo labranza convencional, y que este cambio estaba asociado con un descenso en el Al intercambiable y un incremento en el Ca intercambiable.

Aunque hay datos contradictorios, los problemas de acidificación en la superficie del suelo en labranza cero, parecen no tener un efecto muy grande en el rendimiento, probablemente debido al efecto "protector" de la materia orgánica (Thomas y Frye, 1984). Aún en el caso de presentarse problemas, Phillips et al. (1980) argumentan que la aplicación superficial de cal es efectiva, ya que hace contacto con la acidez en el sitio en donde ésta se produce, por lo que no hay necesidad de incorporación de la cal al suelo.

Otra clase de problema que se puede presentar por la acidez de la capa superficial tiene que ver con la eficacia en el uso de herbicidas. La baja persistencia de la forma activa de ciertos herbicidas (p.e. triazinas) en suelos ácidos, puede disminuir la efectividad y el efecto residual de estos compuestos aplicados a la superficie de suelos bajo labranza cero (Best et al., 1975; Floyd et al., 1975).

La aplicación de cal en labranza cero presenta los mismos problemas asociados con la aplicación de P y K al suelo. Al reducir la incorporación de la cal en el suelo se disminuye la eficiencia de reacción de ésta y su efecto neutralizador, ya que el movimiento de la cal en el suelo es muy lento. Tisdale et al. (1985) citan

un ejemplo donde se requirió del transcurso de 10 a 14 años para que el pH del suelo se incrementara en los primeros 15 cm. En contraste con el bajo movimiento del efecto neutralizador de la cal en el suelo, existe evidencia que indica que el movimiento de los cationes Ca y Mg después del encalamiento es relativamente rápido, especialmente en presencia de fertilizantes nitrogenados amoniacales (Moschler et al., 1975). Sánchez et al. (1983) reportaron movimiento del Ca y Mg a profundidades de hasta 50 cm. Adams y Pearson (1969) y Sánchez et al. (1983) añaden que este movimiento de bases es apreciable en suelos bien agregados y de texturas gruesas. La posibilidad de movimiento de cationes en suelos de texturas más finas plantea interrogantes que pueden limitar la aptitud de algunos suelos ácidos para la labranza cero.

Rodríguez y Lal (1979) reportaron poco movimiento de la cal en un suelo limoso del orden alfisol bajo labranza cero y notaron que la acidez intercambiable estaba más uniformemente distribuida en la capa de 0 a 15 cm del suelo bajo labranza convencional. Estos mismos investigadores citan la incorporación de la cal en la zona arable (0 a 15 cm) utilizando discos al final de la estación lluviosa, cada 4 a 5 años como una alternativa factible para el encalamiento de suelos ácidos bajo labranza cero.

Adams y Pearson (1969) reportaron que una aplicación de cal en cantidad equivalente a tres veces la necesaria para neutralizar la acidez equivalente del fertilizante, resultó muy eficaz en la corrección de la acidez del subsuelo. Estes (1972) reportó evidencia de la estratificación de la cal aplicada a la superficie de un suelo franco limoso. Blevins et al. (1978) indicaron que la aplicación de cal a la superficie, de acuerdo al análisis del suelo, mantuvo el pH adecuado durante 5 años de maíz continuo bajo labranza cero. Estos investigadores reportaron que una dosis de cal equivalente a tres veces la recomendación, incrementaba el pH en los 30 cm superficiales del suelo.

El encalamiento para neutralizar la acidificación de la superficie de suelos bajo labranza cero es uno de los aspectos menos estudiados en suelos húmedos tropicales. El cultivo bajo labranza cero en suelos ácidos tropicales con altos niveles de Al intercambiable, plantea numerosos interrogantes y es un área de investigación que requiere de información más completa antes de poder determinar su aptitud para este sistema de cultivo.

---

**Efecto de las propiedades químicas en la aptitud de los suelos para labranza cero**

El cultivo bajo labranza cero con cantidades altas de residuo en la superficie del suelo constituye una de las formas de manejo más eficientes para prevenir la erosión y a la vez mantener la productividad del suelo (Benoit y Lindstrom, 1987; Lal, 1985; Wade y Sanchez, 1983). Sin embargo, a pesar de tener grandes ventajas, la labranza cero no es una tecnología sin riesgos y apta para todos los suelos.

Entre las desventajas de este tipo de labranza están: la dependencia en los herbicidas para el control de malezas, la necesidad de maquinaria específica para la siembra en agricultura mecanizada, la dificultad de incorporación de agroquímicos al suelo, y el efecto de ciertas características físicas y mineralógicas del suelo que incrementan la susceptibilidad del suelo a la compactación (Lal, 1983).

Debido a la poca posibilidad de incorporación de los agroquímicos al suelo, se pueden presentar problemas de contaminación y eutroficación de ríos y lagos. McDowell y McGregor (1983) reportaron una reducción en las pérdidas de sedimento como resultado de la labranza cero, pero también observaron que la escorrentía superficial llevaba cantidades mayores de P en solución, comparada con la de labranza convencional. Laflen y Tabatabai (1984), reportaron que cuando los fertilizantes no se incorporaban, las concentraciones de N y P en el agua de escorrentía eran 5 a 7 veces más altas que aquellas provenientes del suelo labrado convencionalmente. Andranski et al. (1985) sugirieron métodos de aplicación sub-superficial del P fertilizante para así eliminar la contaminación por P en el agua de escorrentía.

Aunque el exceso de labranza es responsable de la degradación de las propiedades de muchos suelos tropicales, también es cierto que sin labranza muchos de estos suelos serían prácticamente improductivos. Wade y Sanchez (1983) indicaron la necesidad de labranza en suelos ultisoles de la cuenca Amazónica, especialmente si las labores de siembra, deshierba y manejo del cultivo eran hechas manualmente, ya que significaba que cada parte del terreno era eventualmente pisoteada. Bajo estas condiciones, estos autores sugieren que el problema de la compactación podría ser aún más grave bajo labranza cero. Simpson y Gumbs (1983) no observaron diferencias en rendimiento debido a la labranza, y atribuyeron los resultados a que los cambios en densidad aparente y mayor porosidad causados por ésta, desaparecieron 21 días después de la siembra. Observaciones similares fueron hechas por Wade y Sanchez (1983).

Las diferencias que se observan en el comportamiento de los suelos en relación a los diferentes sistemas de labranza, resaltan la necesidad de un sistema de evaluación que permita determinar la aptitud general del suelo para la labranza. Benoit y Lindstrom (1987) sugirieron el uso de la clasificación taxonómica del suelo como un criterio para evaluar la aptitud de labranza de los suelos. Estos investigadores basaron su razonamiento en la premisa de que suelos con características similares, siendo el resultado de procesos de formación similares, deberán responder en forma parecida.

Lal (1983, 1985) presentó un sistema que permite seleccionar el método de labranza más apropiado para un suelo basado en evaluaciones de 14 factores limitantes. Estas limitantes pueden ser climáticas (regímenes de temperatura y humedad de suelo) o inherentes al suelo (erosividad, susceptibilidad a la compactación, acidez intercambiable, etc.) o relativos al cultivo (duración del desarrollo, tiempo para cubrir el terreno, cantidad y calidad del residuo, etc). Para cada uno de estos factores, se establece una evaluación separada y luego se suman estas, para obtener un índice acumulativo que indica la aptitud o no aptitud para la labranza. En general, cuanto más pequeño sea el índice, mayor es la aptitud del suelo para la labranza cero.

Entre las características que incrementan la aptitud para la labranza cero, se citan: la susceptibilidad a la erosión, la baja capacidad de retención de agua y las condiciones climáticas que permiten temperaturas sub-óptimas o supra-óptimas de las requeridas por el cultivo durante las etapas iniciales de desarrollo. La acidez y la capacidad efectiva de intercambio catiónico se mencionan como importantes para la selección del sistema de labranza. El Cuadro 3 presenta la evaluación de los suelos con respecto al pH, el contenido de arcilla y la capacidad de intercambio de cationes utilizando el sistema de Lal (1985). Valores de las evaluaciones entre 2 y 3 para cada uno de estos factores indican una mayor aptitud hacia la labranza cero (Lal, 1985).

Cuadro 3. Características químicas que determinan la aptitud de la labranza cero en los trópicos (Lal, 1985).

<i>pH suelo</i>	<i>Arcilla</i>	<i>Capacidad de Intercambio catiónico</i>	<i>Evaluación</i>
(1:1)	(%)	meq/100g	
6.5 - 7.0	<10	<10	1
6.0 - 6.5	10 - 20	10 - 15	2
5.5 - 6.0	20 - 30	15 - 20	3
5.0 - 5.5	30 - 40	20 - 25	4
4.5 - 5.0	40 - 50	>25	5

---

Otra característica que afecta la aptitud del suelo para la labranza cero es la composición mineralógica de la arcilla, ya que ciertos materiales arcillosos son más susceptibles a la compactación que otros. Las arcillas del tipo montmorillonita (esmectitas) tienden a ser más apropiadas para este tipo de labranza que las arcillas del tipo caolinita o illita, debido a una mayor capacidad de expansión-contracción de las primeras. La presencia de arcillas del tipo alofana, confiere al suelo características muy deseables para la labranza cero, en parte debido a la baja densidad aparente de los suelos derivados de materiales volcánicos en los que abundan arcillas de este tipo.

Aunque en este momento no existe un sistema universal que permita la determinación del sistema óptimo de labranza para un suelo determinado, los aspectos básicos que se han discutido permiten inferir la importancia de los factores químicos, mineralógicos y biológicos del suelo, que pueden ser limitantes para la implementación de la labranza cero en los suelos tropicales

## **Referencias**

- Adams, W. E., H. D. Morris, J. Giddens, R. N. Dawson, y G.W. Langdale. 1973. Tillage and fertilization of corn grown on lespedeza sod. *Agron. J.* 65:653-655.
- Adams, F., y R. W. Pearson. 1969. Neutralizing soil acidity under bermuda grass sod. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:737-742.
- Agboola, A. A. 1981. The effects of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and maize yield in a rain-forest zone of western Nigeria. *Agron J.* 73:247-251.
- Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. John Wiley and sons. Inc, New York. p 139-143.
- Allmaras, R.R., y W. W. Nelson. 1971. Corn (*Zea mays* L.) root configuration as influenced by some row-interrow variants of tillage and straw mulch management. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35:974-990.
- Andraski, B. J., D. H. Mueller, and T.C. Daniel. 1985. Phosphorus losses in runoff as affected by tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1523-1527.
- Aulakh, M.S., D.A. Rennie y E.A. Paul. 1984. Gaseous nitrogen losses under zero till as compared with conventional till management systems. *J. Environ. Qual.* 13: 130-136
- Bandel, V. A., S. Dzienia, y G. Stanford. 1980. Comparison of N fertilizers for no-till corn. *Agron. J.* 72:337-341.
- Bandel, V. A., S. Dzienia, G. Standford y J. O Legg. 1975. Nitrogen behavior under no-till vs conventional corn culture. I. First year results using unlabeled N fertilizer. *Agron J.* 67:782-786.
- Bandel, V. A., F. R. Mulford, y H.J. Bauer. 1984. Influence of fertilizer source and placement on No-tillage corn. *Fertilizer issues.* 2:38-43.
- Barber, S. A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. *Agron. J.* 63:724-726.
- Barreto, H. J. 1987. Changes in urease activity and ammonia volatilization induced by residue management systems fertilized with urea. Ph.D Dissertation. Oklahoma State University. Stillwater, OK.
- Belcher, C. R., y J. L. Ragland. 1972. Phosphorus absorption by sod-planted corn (*Zea mays* L.) from surface-applied phosphorus. *Agron. J.* 64:754-756.
- Benoit, G. R., and M. J. Linstrom. 1987. Interpreting tillage-residue management effects. *J. Soil and Water Conserv.* 42:87-90
- Best, J. A., J. B. Weber y T. J. Monaco. 1975. Influence of soil pH on s-triazine availability to plants. *Weed Sci.* 23:378-382.

- 
- Blevins, R. L., D Cook, S. H Phillips, and R E. Phillips. 1971 Influence of no-tillage on soil moisture. *Agron. J.* 63:593-596.
- Blevins, R. L., L. W. Murdock, y G. W Thomas. 1978. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.* 70:322-326.
- Blevins, R. L., G W Thomas, y P L Cornelius. 1977 Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron. J.* 69:383-386.
- Blevins, R. L., G W Thomas, M. S. Smith, W W Frye y P. L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years continous non-tilled and conventional tilled corn. *Soil and Tillage Reseach.* 3:135-146
- Bray, R. H. 1954. A nutrient mobility concept of soil plant relationships. *Soil sci.* 78:9-22.
- Bridges J D. 1980 Fertilizer trends 1979. *Nat. Fert. Devel. Cntr. Muscle Shoals, Alabama.* TVA Bull y-150.
- Burford, J R., R J Dowdell., y R. Crees. 1981 Emission of nitrous oxide to the atmosphere from direct drilled and ploughed clay soils. *J. Sci. Food Ag.* 32:219-223.
- Dick, W. A. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:569-574.
- Dick, W. A. 1983. Organic carbon, nitrogen, and Phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:102-107.
- Doran, J W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:765-771.
- Dowdell, R. J., R. Crees, y R. Q Cannell. 1983. A field study of contrasting methods of cultivation on soil nitrate content during autumn, winter and spring. *J. Soil Sci.* 34: 367-379.
- Eckert, D. J., W. A. Dick, y J.W. Johnson. 1986. Response of no-tillage corn grown in corn and soybean residues to several nitrogen fertilizer sources. *Agron. J.* 78:231-235.
- Eckert, D. J., y J W. Johnson. 1985. Phosphorus fertilization in no-tillage corn production. *Agron. J.* 77: 789-792.
- Estes, G. O. 1972. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. *Agron. J.* 64:733-735.

- Fenn, L. B., y Miyamoto. 1981. Ammonia loss and associated reactions of urea in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:537-540.
- Fink, R. J., and D. Wesley. 1974. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. *Agron. J.* 66:70-71.
- Floyd, O. C., V. V. Volk, y A. P. Appleby. 1975. Sorption of atrazine, terbutryn and GS- 14254 on natural and lime-amended soils. *Weed Sci.* 23:390-394.
- Follet, R. F., and G. A. Peterson. 1988. Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:141-147.
- Groffman, P. M. 1981. Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:329-334.
- Hagin, J. and B. Tucker. 1982. Fertilization of dryland and irrigated soils. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Harding, R.B., T. W. Embleton, W. W. Jones, y T. M. Ryan. 1963. Leaching and gaseous losses of nitrogen from some non-tilled California soils. *Agron. J.* 55:515-518.
- Hargrove, W. L. 1985. Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn. *Agron. J.* 77:763-768.
- Hargrove, W. L., J. T. Reid, J. T. Touchton, y R. N. Gallaher. 1982. Influence of tillage practices on the fertility status of an acid soil double-cropped to wheat and soybean. *Agron. J.* 74:684-687.
- Hargrove, W. L., y G. W. Thomas. 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth. p 151-166. *In* Chemistry in the soil environment. American Society of Agronomy, Madison WI.
- Hoyt, J. D., R. L. Fodd, y R. A. Leonard. 1980. Nitrogen cycling in conventional and no-tillage systems in the southeastern coastal plains. *Agron. Abstr.* p 154.
- Ike, I. F. 1986. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savanna. *Soil and Tillage Research.* 6:261-272.
- Jolley, V. D. y W. A. Pierre. 1977. Soil acidity from long term use of nitrogen fertilizer and its relationship to recovery of nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:368-373.
- Juo, A. S. R. y R. Lal. 1979. Nutrient profile in a tropical alfisol under conventional and no-till systems. *Soil Sci.* 127:168-173.

---

Kang, B. T. y A. D. Messan 1983 Fertilizer management for no-tillage crop production. p 111-118. *In* No tillage crop production in the tropics. Proceeding of West African and International Weed Science Society by the International Plant Protection Center Oregon State University, OR.

Kang, B. T. y M. Yunusa 1977 Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humid tropics. *Agron. J.* 69:291-294.

Keller, G. D. y D. B. Mengel 1986 Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1060-1063.

Kitur, B.K., M. S. Smith, R. L. Blevins, y W. W. Frye. 1984. Fate of <sup>15</sup>N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. *Agron. J.* 76:240-242

Lafren, J. M., and M. A. Tabatabai. 1984 Nitrogen and phosphorus losses from corn-soybean rotations as affected by tillage practices. *Transactions of the ASAE* 27:58-63.

Lal, R. 1985. A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. *Soil and Tillage Research.* 5:179-196

Lal, R. 1983. Soil conditions and tillage methods in the tropics. p 217-323. *In* I.O. Akobund and A.E. Deutsh (ed.) No-tillage crop production in the tropics. West African and International Weed Sci. Soc. by the International Plant Protection Center, Oregon State University, OR

Lal, R. 1979. Importance of tillage systems in soil and water management in the tropics. p 25-31. *In* R. Lal (ed.) Soil tillage and crop production. Proceeding series No 2. IITA, Ibadan, Nigeria.

Lal, R. 1979a Influence of six years of no tillage and conventional plowing on fertilizer response of maize (*Zea mays* L.) on an alfisol in the tropics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:399-403

Legg, J. O., G. Standford, y O. L. Bennett 1979 Utilization of labeled-N fertilizer by silage corn under conventional and no-till culture. *Agron. J.* 71:1009-1015.

Lindsay, J. I., S. Osei-Yeboah, and F. A. Gumbs. 1983. Effect of different tillage methods on maize growth on a tropical inceptisol with impeded drainage. *Soil and Tillage Research* 3:183-196.

Loch, R.J. y K.J. Coughlan 1984 Effects of zero tillage and stubble retention on some properties of a cracking clay. *Aust. J. Soil Res.* 22:91-98.

Mackay, A. D., E. J. Kladvko, S. A. Barber, y D. R. Griffith. 1987. Phosphorus and potassium uptake by corn in conservation tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:970-974.

- Mahler, R. L., and R. W. Harder. 1984. The influence of tillage methods, cropping sequence, and N rates on the acidification of a northern Idaho soil. *Soil Sci.* 137:52-60.
- Maurya, P. R., y R. Lal. 1979. No-tillage system for crop production on an ultisol in eastern Nigeria. p 207-219. *In* R. Lal (ed.) *Soil tillage and crop production*. Proceeding series No.2 IITA. Ibadan, Nigeria.
- Maurya, P. R. y R. Lal. 1979a. Effect of no-tillage and conventional plowing on root development and configuration of maize and leguminous crops. p 171-182. *In* R. Lal (ed.) *soil tillage and crop production*. Proceedings series No.2. IITA. Ibadan, Nigeria.
- McDowell, L. L., and K. C. McGregor. 1984. Plant nutrient losses in runoff from conservation tillage corn. *Soil and Tillage Research.* 4: 79-91.
- McInnes, K. J., R. B. Ferguson., D. E. Kissel, y E. T. Kanemasu. 1986. Field measurement of ammonia loss from surface applications of urea solution to bare soils. *Agron. J.* 78:192-196.
- Mengel, D.B., D. W. Nelson, y D. M. Huber. 1982. Placement of nitrogen fertilizers for no-till and conventional till corn. *Agron. J.* 74:515-518.
- Messick, D. L., M. M. Alley, y L. W. Zelazny. 1984. Movement of calcium and magnesium in ultisols from dolomitic limestone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1098-1101.
- Moschler, W. W., y D. C. Martens. 1975. Nitrogen, phosphorous and potassium requirements in no-tillage and conventionally tilled corn. *Soil Sci. Soc. am. Proc.* 39:886-891.
- Moschler, W. W., D. C. Martens, C. I. Rich, y G. M. Shear. 1973. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.* 65:781-783.
- Moschler, W. W., D. C. Martens, y G. M. Shear. 1975. Residual fertility in soil continuously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. *Agron. J.* 67:45-48.
- Muzilli, O. 1981. Manejo da fertilidade do solo. p 43-57. *In* plantio direto no estado do Parana. Fundacao Instituto Agronomico do Parana. Londrina, Parana. p 43-57.
- Nelson, D. W. 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. 22:327-363. *In* F. J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy.

---

Palmer, A. F. E. 1985. Nitrogen and phosphorus responses and yield trends for continuous maize grown under conservation tillage in the lowland tropics. p 235-245. Ed B. T. Kang, J. Heide, J. Van der (eds.) Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. International Institute of Tropical Agriculture, IITA. Ibadan, Nigeria.

Parker, D.T., W. E. Larson, y W. V. Bartholomew. 1957. Studies on nitrogen tie-up as influenced by location of plant residues in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21:608-612.

Phillips, R. E., R. L. Blevins, G. W. Thomas, W. W. Frye, and S. H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.

Pierre, W. H., J. R. Webb, y W. D. Shrader. 1971. Quantitative effects of N fertilizers on the development and downward movement of soil acidity in relation to level of fertilization and crop removal in a continuous corn cropping system. *Agron. J.* 63:291-297.

Pinck, L. A., F. E. Allison, and V. L. Gaddy. 1946. The nitrogen requirement in the utilization of carbonaceous residues in soil. *Amer. Soc. Agron. J.* 38:410-420.

Power, J.F., J.W. Doran, y W.W. Wilhelm. 1986. Uptake of nitrogen from soil, fertilizer, and crop residues by no-till corn and soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:137-142.

Randall, G. W., y R. G. Hoelt. 1988. Placement methods for improved efficiency of P and K fertilizers: A review. *J Prod. Agric.* 1:70-79.

Raun, W. R., D. H. Sander, and R. A. Olson. 1987. Phosphorus fertilizer carriers and their placement for minimum till corn under sprinkler irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1055-1062.

Reeves, D.W., y J. T. Touchton. 1986. Subsoiling for nitrogen applications to corn grown in a conservation tillage system. *Agron. J.* 78:921-926.

Rice, C. W., y M. S. Smith. 1984. Short term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:295-297.

Rice, C. W., y M. S. Smith. 1983. Nitrification of fertilizer and mineralized ammonium in no-till and plowed soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:1125-1129.

Rice, C. W. y M. Smith. 1982. Denitrification in no till plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1162-1173.

Rice, C. W., M. S. Smith, y R. L. Blevins. 1986. Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1206-1210.

Rice, C W., M S. Smith, y J H Grove 1981 Microbial transformations of nitrogen as affected by tillage. Agron. Abstr p 169.

Rodríguez, M., y R. Lal 1979 Comparison of zero and conventional tillage systems in an acidic soil p 197-205 In R Lal (ed.) Soil tillage and crop production proceedings series No.2 IITA. Ibadan, Nigeria.

Sánchez, P A., J H. Villachica, y D E Bandy 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1171-1178.

Shear, G M., y W. W Moschler 1969 Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods. A six-year comparison Agron. J. 61:524-526.

Shenk, M D., J Saunders, and G Escobar 1983 Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea Mays*) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. CATIE; Turrialba, Costa Rica. p 29.

Simpson, L A., and F Gumbs. 1983. Comparison of three tillage methods for maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) production on a coastal clay soil in Guyana. Trop. Agric. 62:25-29.

Singh, T A., G. W Thomas, W W Moschler, y D. C Martens. 1966. Phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.) under no-tillage and conventional practices. Agron J. 58:147-148.

Thomas, G W 1975. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminum in acid soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39:591.

Thomas, G W., y W W Frye. 1984 Fertilization and liming p 87-126. En R. E. Phillips and S.H. Phillips (eds.) No-tillage agriculture. Principles and practices. Van Nostrand Reinhold Co. New York

Thomas, G. W., K. I. Wells, y L. Murdock 1980. Fertilization and liming. p 43-54 En R. E. Phillip, G. W. Thomas, R L. Blevins (ed.) No-tillage research: Research Reports and Reviews. University of Kentucky. College of Agriculture and Agricultural Experiment Station. Lexington, Kentucky

Tisdale, S L., W L. Nelson y J. D Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. McMillan, publishing Company, New York, p 137-143.

Touchton, J T., y W L. Hargrove. 1982. Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. Agron. J. 74:823-826.

Triplett, G. B Jr., y D. M Van Doren, Jr. 1969. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. Agron. J. 61:637-639.

---

**Violic A. D., F. Kocher, A. F. E. Palmer, and T. Nibe. 1982. Experimentación en labranza cero en maíz en la región costera del norte de Veracruz. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (ALCA). Chapingo, Mexico.**

**Wade, M. K., and P. A. Sanchez. 1983. Mulching and green manure for continuous crop production in the amazon basin. Agron. J. 75:39-45.**

**Wells, K. L. 1984. Nitrogen management in the no-till system. p 535-550. En R. D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. American Society of Agronomy. Madison, WI.**

**Westerman, R. L. 1981. Factors affecting soil acidity. Solutions 25:64-71**

# Efectos de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento del maíz

H.R. Lafitte

## Introducción

Un exámen de la literatura revela que los efectos de la labranza mínima varían mucho, pues en algunos ensayos se ha obtenido un mejor rendimiento al reducir el nivel de labranza, mientras que en otros el efecto fue exactamente opuesto. En general, el maíz rinde más con la labranza mínima en ambientes cálidos, en condiciones de escasa humedad y con disponibilidad de nitrógeno (figura 1). Debido a que en los estudios sobre los métodos de labranza el comportamiento del cultivo depende del suelo y el clima, es mejor poner menos atención a estudios específicos y centrarse más en los principios de crecimiento de la planta y sus interacciones con el medio ambiente.

Ya se ha visto que la labranza mínima tiende a causar una ligera compactación de los 0 a 10 cm superiores del suelo, así como la concentración de abonos en la superficie. En presencia de rastrojo abundante, suele haber mayor humedad en el suelo y la temperatura es más baja en la capa superficial que en el caso de un suelo desnudo. En esta sección se tratarán los efectos que estos cambios tienen en el crecimiento del sistema radicular y las modificaciones que provocan en el desarrollo de la planta y el rendimiento

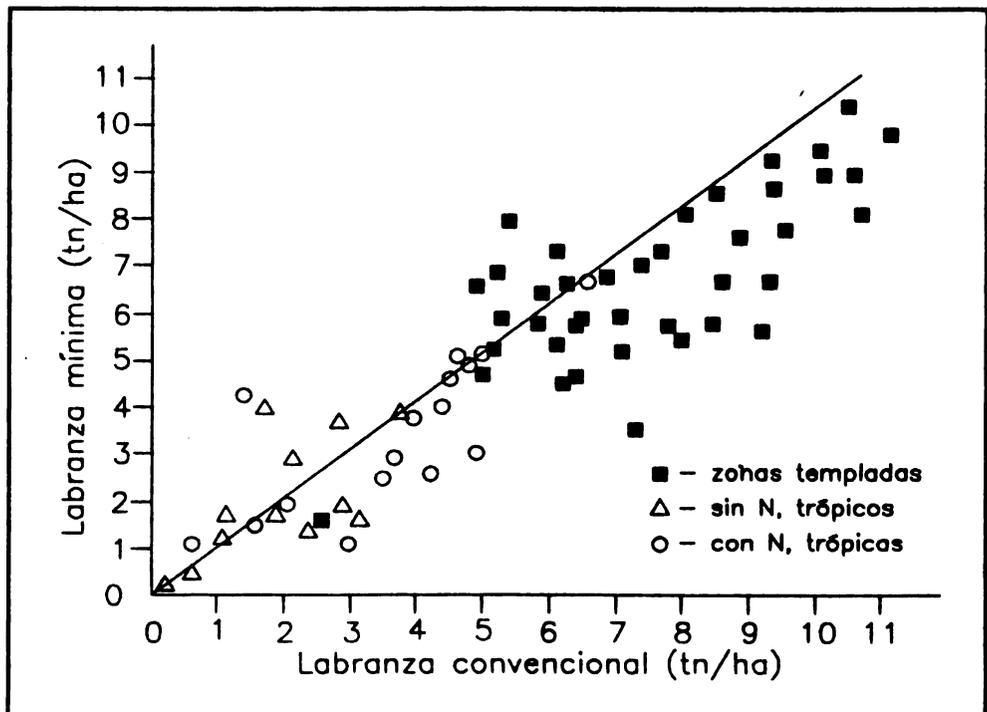


Figura 1. Relación entre el rendimiento de maíz con labranza mínima y labranza convencional en varios estudios.

**Respuesta de las raíces a los cambios físicos en el suelo**

Un efecto común de la labranza mínima es el aumento de la densidad aparente de las capas superiores del perfil del suelo. La compactación resulta en una porosidad menor en estas capas y, por consiguiente, en una mayor resistencia mecánica al crecimiento radicular y una aeración reducida.

Hay tres clases de poros en el suelo: los más grandes, que miden de 30 a 60  $\mu$ , los de 0.2 a 30  $\mu$  y los que miden menos de 0.2  $\mu$ . Las raíces crecen en los poros grandes que drenan por efecto de la gravedad. Las plantas pueden absorber el agua que contienen los poros medianos, pero la que retienen los poros pequeños (y los nutrientes que ésta contiene) no puede ser aprovechada por el cultivo (Russell, 1977). Cuando la densidad aparente aumenta, la cantidad de poros grandes disminuye y los poros medianos y pequeños constituyen una proporción mayor de la porosidad total (figura 2). Por tanto, se reduce el volumen del suelo donde puede darse el crecimiento libre de raíces (figura 3).

El interrogante primordial en el contexto de esta discusión es si la labranza mínima aumenta la densidad aparente a tal grado que reduzca el crecimiento radicular. La densidad máxima que las raíces pueden penetrar depende de la textura del suelo. En suelos arcillosos, el valor máximo es de 1.46  $\text{g cm}^{-3}$  mientras que, en suelos arenosos, el alargamiento de las raíces continúa hasta llegar a una densidad aparente de 1.75  $\text{g cm}^{-3}$ .

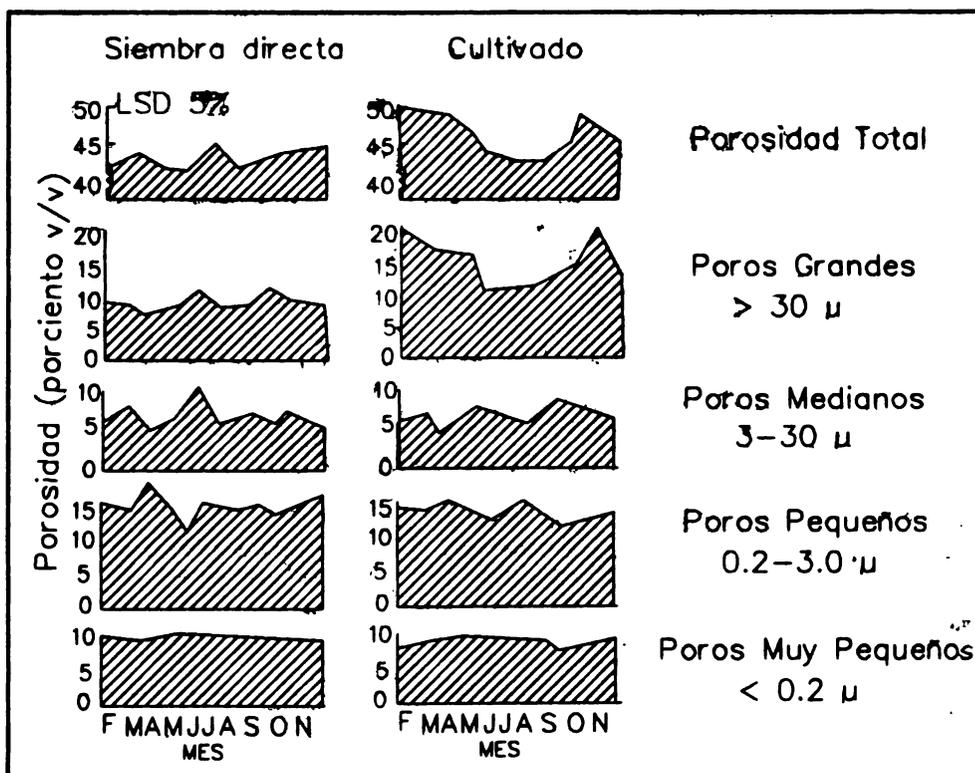


Figura 2. Comparación de poros en el suelo después de siembra directa y paso con arado en un suelo limo-arcilloso en Alemania - datos promedios de la profundidad 2-6 cm (Russell, 1977).

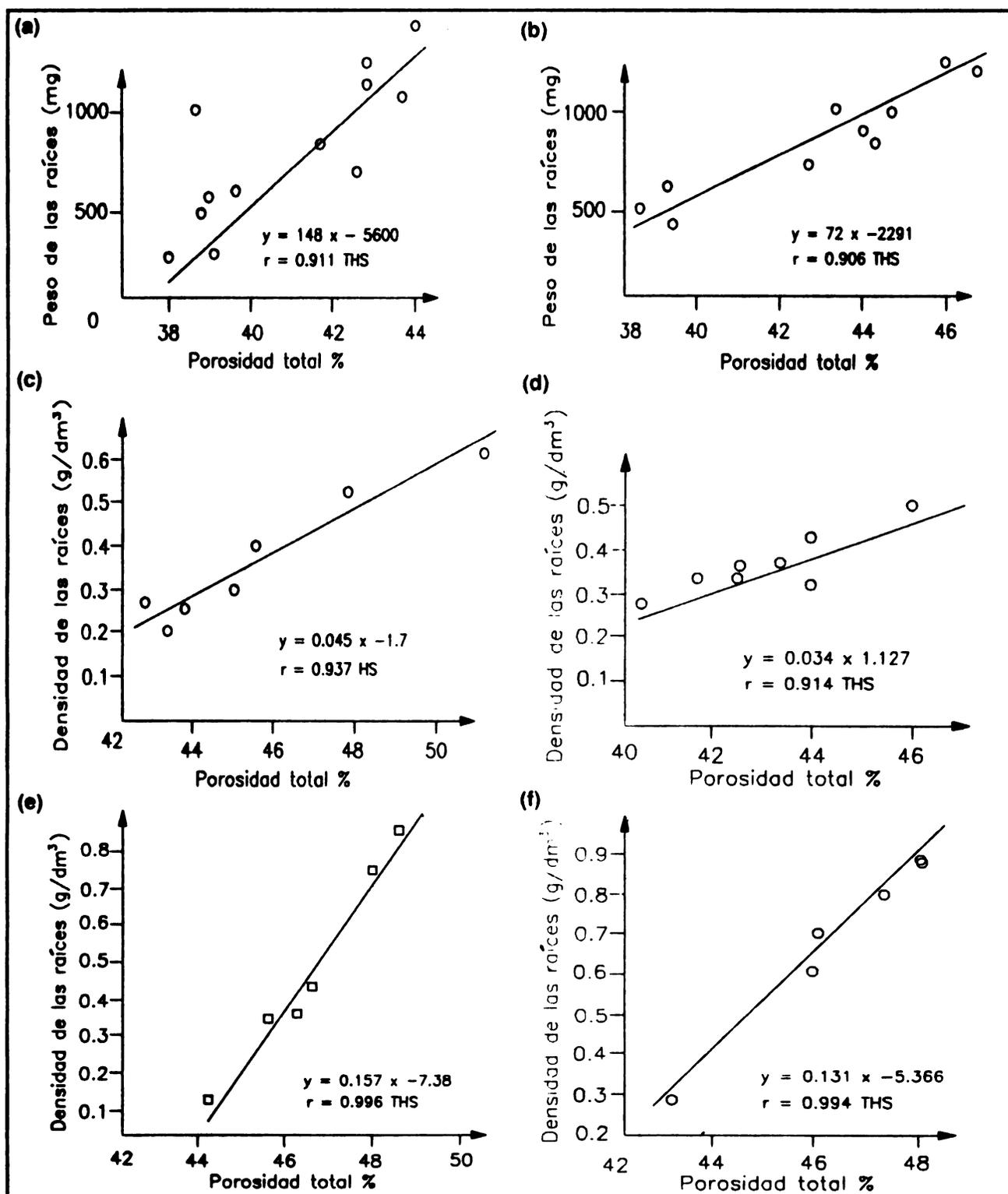


Figura 3. Relación entre crecimiento de raíces y porosidad de suelo. a) cacahuete, b) sorgo, c) sorgo, d) maíz, e) arroz temporal, f) maíz (Russell, 1977).

No obstante, la penetración de las raíces se correlaciona muy estrechamente con la densidad aparente debido a que la compactación disminuye la proporción de poros grandes en los que las raíces pueden extenderse (figura 4). En el campo, el sistema radicular ocupa menos del 5% del volumen del suelo.

Incluso con cero labranza suele haber suficientes poros grandes en el suelo para que crezcan las raíces (Russell, 1977)

Con la reducción del número de poros grandes que las raíces axiales pueden penetrar, aumenta el desarrollo de raíces laterales de menor diámetro. Este fenómeno resulta en un sistema radicular denso y superficial, lo cual no significa que la superficie de la raíz se haya reducido ni que haya disminuido la absorción de nutrientes y agua cuando existen cantidades suficientes en la misma zona (Marschner, 1986) Por tanto, los efectos del aumento de la densidad aparente son menores cuando se aplica fertilizante (figura 5).

La presencia de agua también puede reducir los efectos de un aumento en la densidad aparente, pues disminuye la resistencia del suelo a la deformación (figura 6).

Una compactación fuerte puede influir en el movimiento de los nutrientes en el suelo, que se desplazan por difusión, flujo masal y mediante efectos físicos; la interceptación de nutrientes inmóviles, como el fósforo, se reduce por el efecto de la compactación en el crecimiento radicular cuando todo el volumen del suelo está afectado (Parish, 1971)

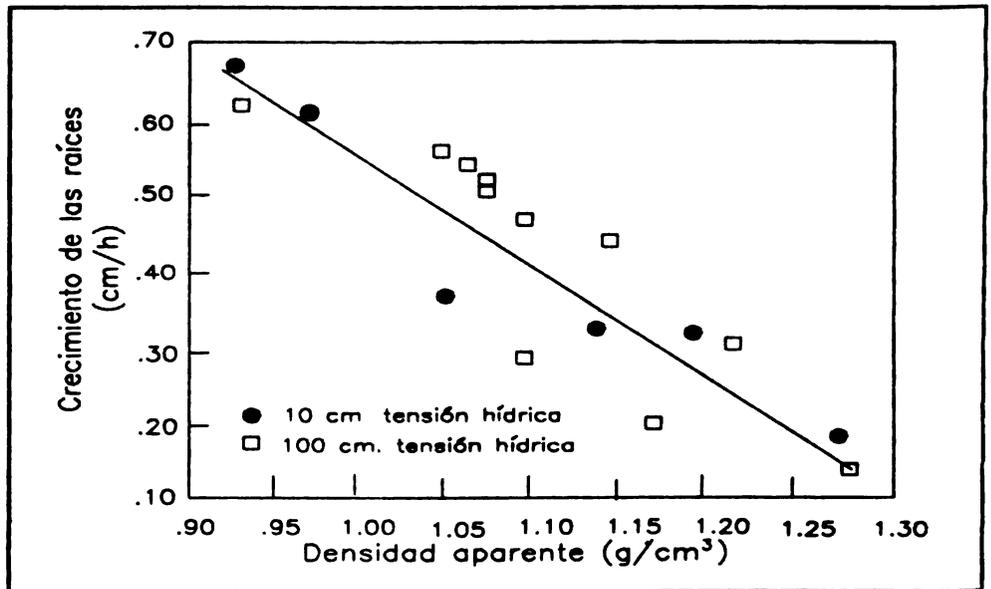


Figura 4. Efecto de densidad aparente en tasa de crecimiento de raíces bajo dos tensiones hídricas en un suelo arcilloso (Jones, 1985).

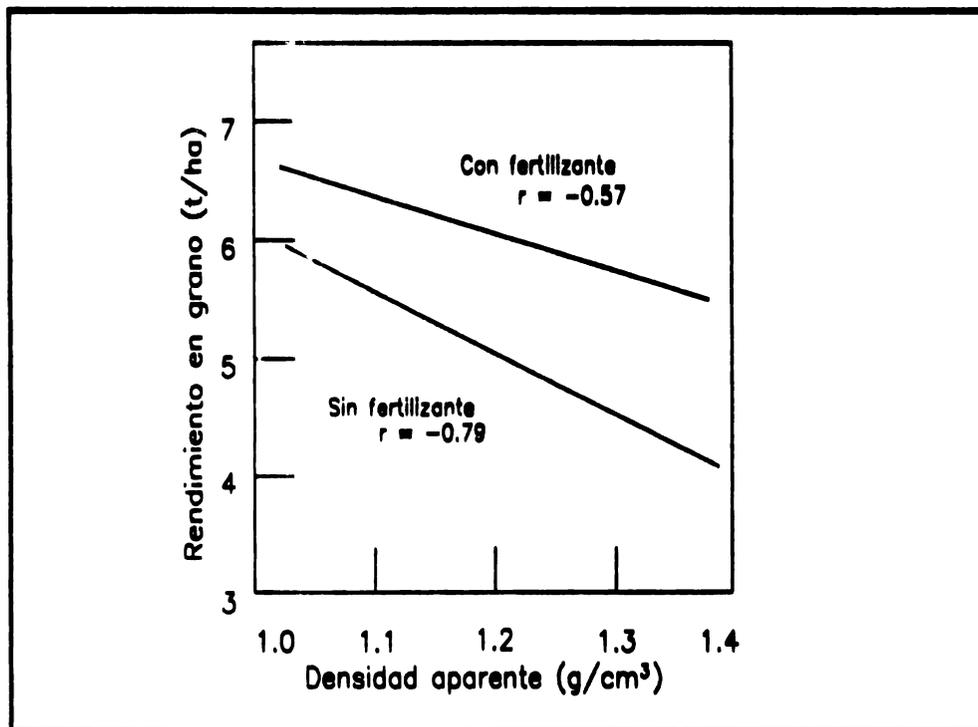


Figura 5. Efecto de la densidad aparente en el estrato 0-7.5 cm y de la aplicación de fertilizante en el rendimiento de grano de maíz en un suelo arcilloso bajo riego de aspersión (Jones, 1985).

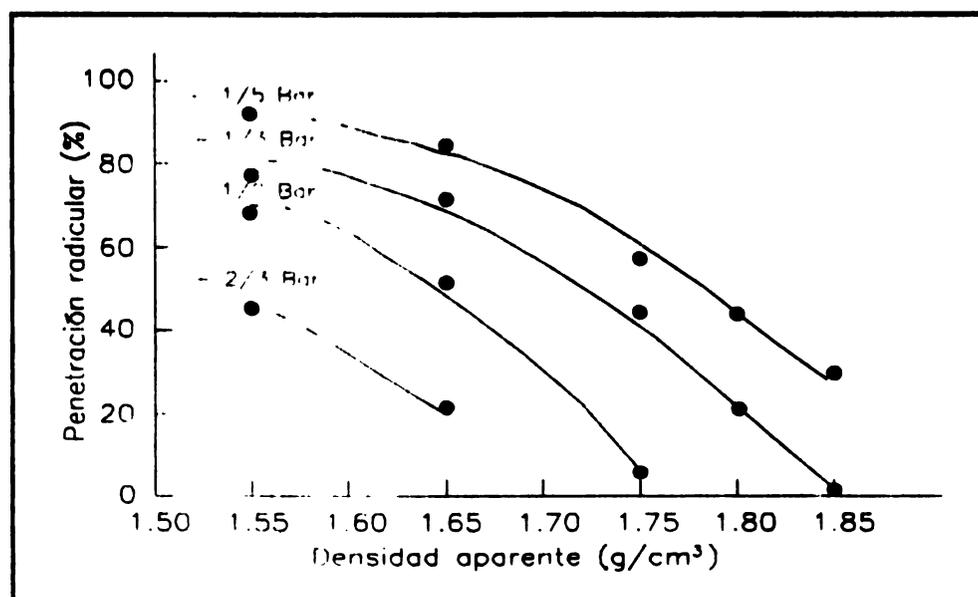


Figura 6. Efecto de densidad aparente y potencial hídrico en la penetración de las raíces de plántulas de algodón por capas de un suelo franco arenoso (Russel, 1977).

---

Además de los cambios en la resistencia mecánica que acompañan el aumento de la densidad aparente, la aireación del suelo se reduce. Con una mayor compactación hay más resistencia al movimiento del aire (figura 7; Glinski y Stepniewski, 1985). Se observa que la tasa de difusión de oxígeno (TDO) disminuye cuando la densidad aparente y el potencial hídrico del suelo aumentan (figura 8).

Con una TDO menor de 20 a 40  $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , el crecimiento radicular del maíz se reduce en forma marcada. Esta es una situación donde el 80% del volumen de los poros está lleno de agua (Jones, 1985). Con una TDO de 40  $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , la germinación se ve afectada y se detiene por completo cuando la TDO llega a 16  $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Glinski y Stepniewski, 1985). Estos efectos no se deben a una disminución en la tasa de respiración radicular, sino a otras causas, quizá de origen hormonal (Marschner, 1986).

En el campo es casi imposible distinguir los efectos de una aireación deficiente de los de una mayor resistencia mecánica (Jones, 1985). Sin embargo, lo más importante desde el punto de vista de la labranza mínima es que por lo general se observa un enraizamiento más denso en la capa superior del suelo a pesar del incremento de la compactación de la misma (Hargrove, 1985; Newell y Wilhelm, 1987; Anderson, 1987). Este hecho indica que la densidad aparente causada por el cambio de método de labranza no suele ser suficiente para reducir la penetración de las raíces. Cuando la compactación es fuerte o el drenaje es deficiente, es de esperar que haya síntomas de deficiencia de nutrientes y agua.

La labranza mínima provoca otras dos modificaciones físicas en el suelo: cuando se dejan residuos sobre la superficie, la humedad del suelo tiende a ser mayor y la temperatura tiende a ser menor que cuando el suelo permanece desnudo. Las raíces crecen más rápidamente donde hay agua abundante (Taylor, 1983). Las raíces no buscan el agua por hidrotropismo, sino que crecen al azar y se ramifican rápidamente al llegar a una zona húmeda (Kramer, 1983). En condiciones de aridez, la ramificación es muy importante porque la cantidad de agua que entra en la planta depende del largo de las raíces en el volumen del suelo donde hay agua (Russell, 1977).

Un sistema radicular extenso es menos importante que una intensa actividad radicular en las zonas húmedas (Simpson, 1981). Sin embargo, cabe señalar que un crecimiento prolífico en una zona no reduce necesariamente la extensión radicular en otras áreas, pues el crecimiento de una parte del sistema es independiente del potencial hídrico del suelo donde se extienden otras partes del sistema (Kramer, 1983). Si bien hay más raíces superficiales con la labranza mínima con rastrojo, el crecimiento radicular profundo tiende a seguir como en la labranza convencional (Newell y Wilhelm, 1987). Es posible que las raíces se inicien en la capa superior con la misma frecuencia en los dos sistemas de cultivo, pero mueren cuando el suelo se seca, como sucede en la labranza convencional (Russell, 1977).

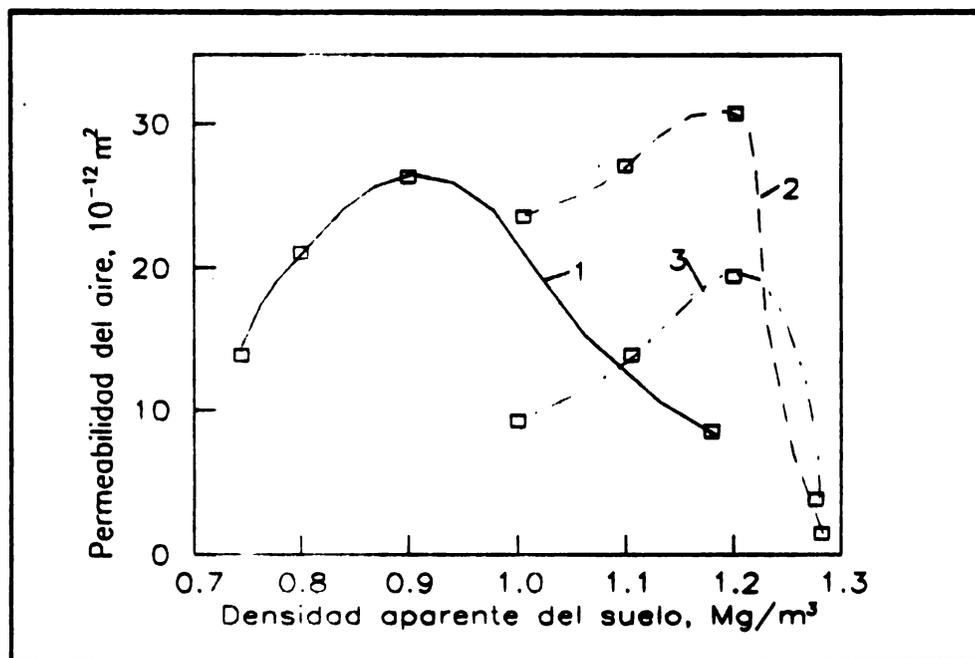


Figura 7. Permeabilidad de aire como función de la densidad aparente de tres suelos distintos. (1 y 2 con tensión hídrica de 150 hPa, 3 con tensión hídrica de 500 hPa.) (Glinski y Stepniewski, 1985).

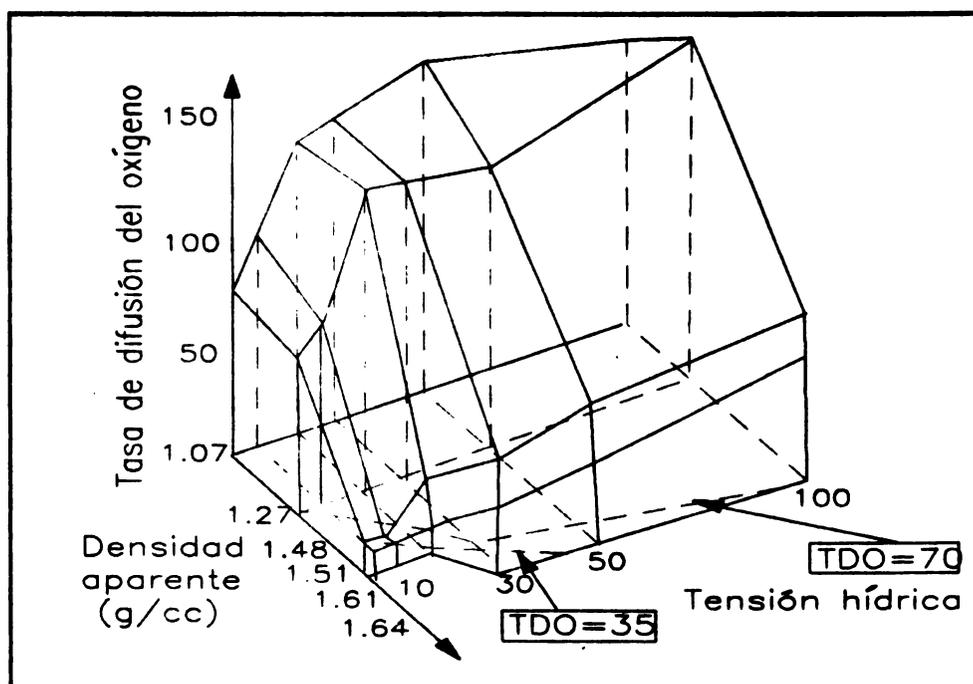


Figura 8. Efectos de la densidad aparente y de la tensión hídrica en la tasa de difusión de oxígeno de un suelo de textura franca (Glinski y Stepniewski, 1985).

---

Otro efecto del rastrojo es la reducción de la cantidad de radiación solar que llega al suelo y la consecuente disminución de la temperatura de éste (figura 9). La magnitud de este efecto depende de la cantidad de residuos (figura 10). La temperatura del suelo afecta el crecimiento de las raíces directamente, quizá debido a la reducción del suministro de carbohidratos al meristema radicular (Marschner, 1986). La temperatura óptima para el crecimiento de las raíces tiende a ser menor que la óptima para el crecimiento de las partes aéreas de la planta

La temperatura del suelo afecta también la germinación; la emergencia del maíz se retrasó 22 horas cuando la temperatura, a una profundidad de 5 cm aumentó de 35 °C a 42 °C (Harrison-Murray y Lal, 1979). La tasa de expansión foliar depende de la temperatura del suelo hasta que la planta tiene seis hojas, porque antes de ese momento el meristema, sensor de la temperatura, se encuentra debajo de la superficie del suelo (Monteith, 1979). Cuando la temperatura del meristema es mayor que la óptima, la tasa de expansión foliar se reduce (figura 11) y la extensión final de la hoja es menor (figura 12). Así pues, en climas calurosos, la germinación y el crecimiento de la plántula pueden mejorar si la temperatura del suelo disminuye

### ***Respuesta de las raíces a los cambios químicos en el suelo***

En los sistemas de labranza mínima, la aplicación de abono en la superficie del suelo causa una concentración de nutrimentos en la capa superior del mismo. El cultivo responde con una proliferación de raíces en esa zona y un aumento en la absorción de nutrimentos por unidad radicular. El largo de las raíces axiales no suele ser afectado por estos cambios (Russell, 1977)

Un incremento en la absorción de nutrimentos en una parte del perfil del suelo trae como consecuencia una menor captación en otras áreas. Se ha postulado la hipótesis de que en un campo bajo labranza mínima se logra un equilibrio de nutrimentos en la zona radicular como consecuencia de la absorción y el reciclaje realizados por la planta (Tinker, 1981).

El aumento de la humedad del suelo fomenta el desarrollo de micorrizas que ayudan en el aprovechamiento del fósforo (Hetrick, 1984).

Con el aumento del enraizamiento en las capas superiores, las plantas pueden utilizar de manera eficiente los nutrimentos concentrados en la superficie. No obstante, la absorción depende de que haya un grado adecuado de humedad en el suelo para que se den el flujo masal y la difusión. La capacidad de la planta de absorber nutrimentos es menos sensible a la falta de agua que a los procesos físicos que determinan el movimiento de los iones en el suelo (Pitman, 1981). Por tanto, este riesgo se relaciona con la estratificación de abonos; si falta el agua en la superficie, el cultivo no puede aprovechar el fertilizante ahí colocado. Se ha visto que el riesgo de que haya un nivel bajo de humedad en la superficie es mucho menor con la labranza mínima con mantillo; por esta razón, el uso eficiente de fertilizantes suele ser igual o mejor con este sistema que con el sistema tradicional (Lindsay and Osei-Yeboah, 1983; Kayambo et al., 1986).

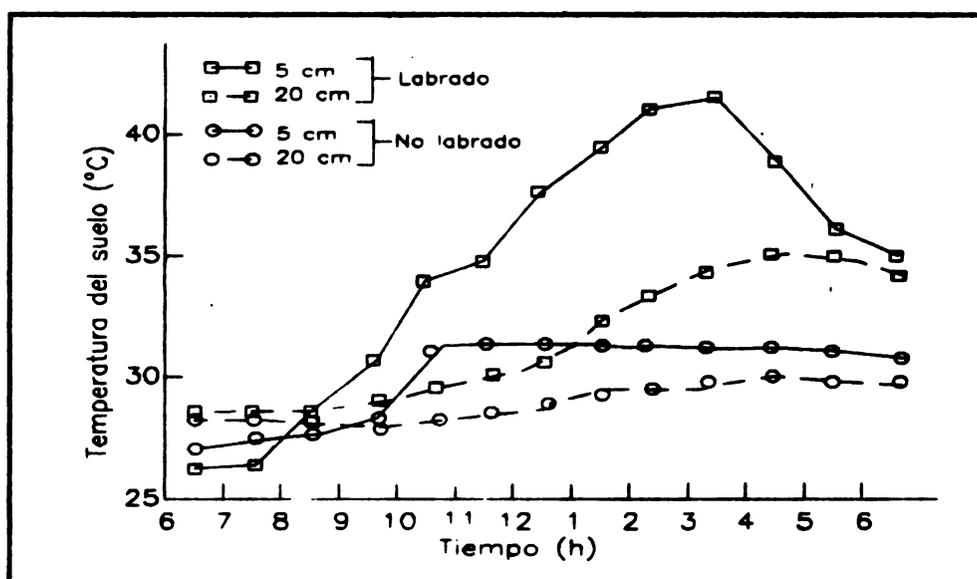


Figura 9. Fluctuaciones diurnas en la temperatura del suelo influenciadas por la labranza en un ambiente tropical. El rastrojo fue dejado en la superficie en el tratamiento de labranza-cero (Russell, 1977).

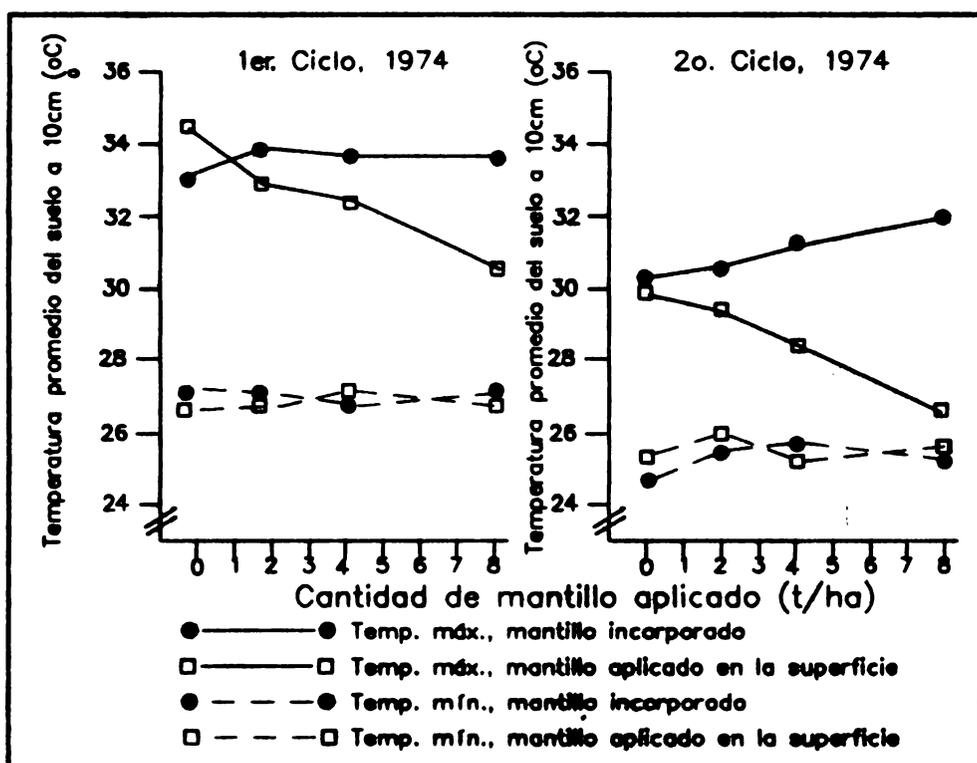


Figura 10. Relación entre la temperatura máxima y mínima del suelo en las dos semanas inmediatamente después de la siembra y la cantidad de mantillo aplicada y método de aplicación (T.L. Lawson y R. Lal, 1979).

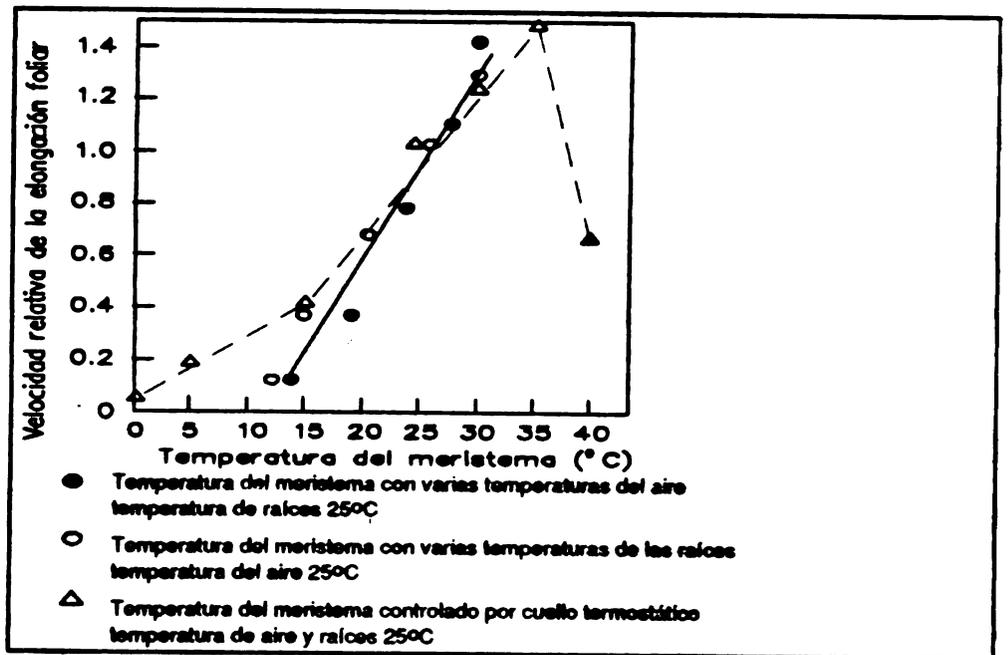


Figura 11. Efecto de la temperatura del meristema en la tasa relativa de elongación de las hojas (Jones, 1977).

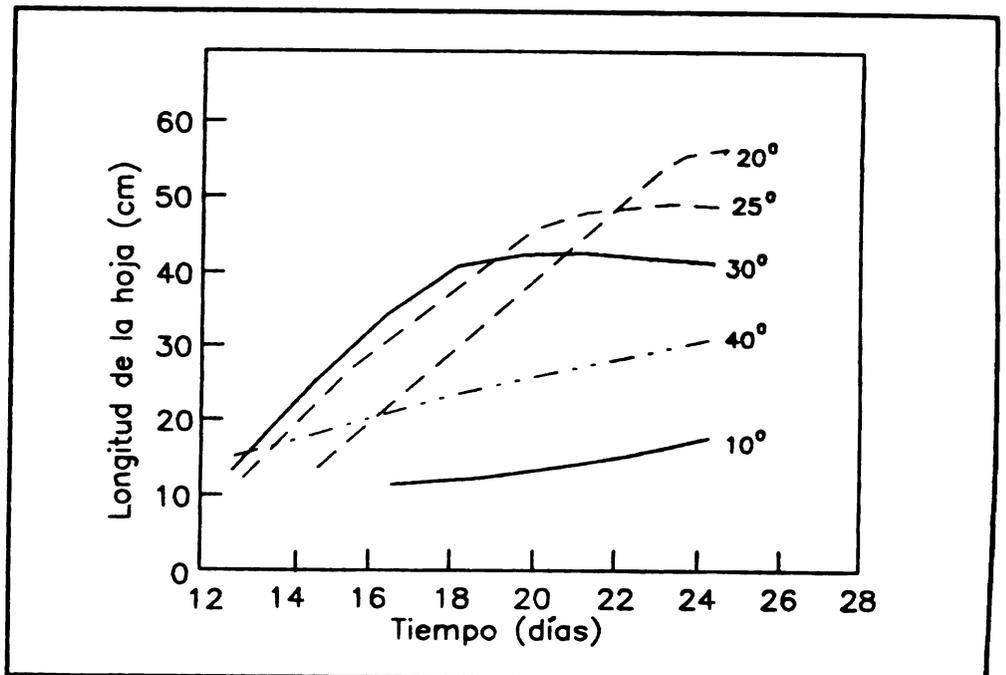


Figura 12. Cambio en la longitud de las hojas de maíz cuando se mantuvo la temperatura de la parte aérea en 20°C y la de las raíces en las temperaturas mencionadas (Jones, 1977).

Otro aspecto problemático de los suelos es la acidez. En suelos ácidos, la labranza mínima no llega a incorporar la cal en las capas inferiores. La mezcla de cal con tierra poco profunda no tiene efectos tan favorables como la incorporación de cal en toda la capa arada (figura 13). En la práctica, las aplicaciones de cal en la labranza mínima han sido eficaces en algunos ensayos (Moschler et al., 1973) e inútiles en otros (Rodríguez and Lal, 1979). Al parecer, la cal distribuida al voleo en la superficie es suficiente para mejorar la acidez causada por la aplicación de abonos, pero con esta técnica no se resuelven las dificultades de los suelos uniformemente ácidos. En suelos neutros o ligeramente ácidos, la aplicación de fertilizantes en la superficie puede resultar en una capa superior con un pH muy bajo. Los efectos de la acidez por lo general no son directos, sino que están relacionados con la deficiencia o toxicidad de varios elementos. En suelos de pH menor de 5, la toxicidad de aluminio causa una reducción en la división celular y las raíces axiales y laterales se vuelven cortas y gruesas (Marachner, 1966).

La precipitación de fosfatos de aluminio en la rizósfera y la reducción de la superficie del sistema radicular disminuye la absorción del fósforo. El aluminio puede reemplazar el calcio en la membrana y destruir la especificidad de absorción, lo cual permite la entrada de cantidades tóxicas de manganeso. Las altas concentraciones de manganeso deprimen la absorción de calcio y magnesio, causando síntomas de manchas rojizas y necróticas en las hojas viejas, así como

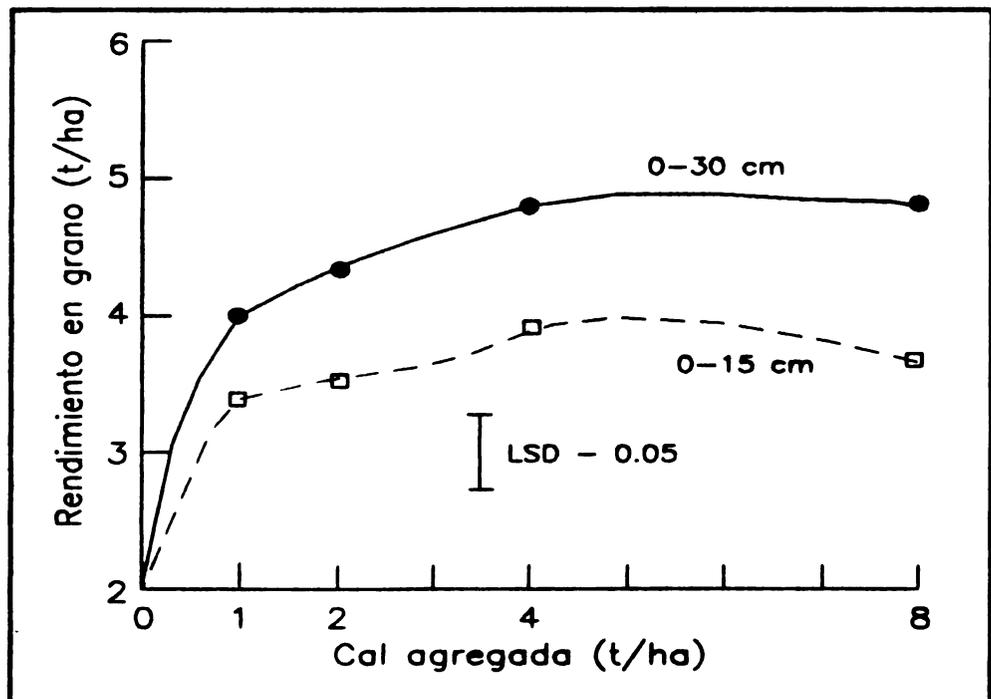


Figura 13. Efecto de la profundidad de incorporación de la cal en el rendimiento de maíz en un Oxisol de Brasil (Sánchez, 1976).

---

enrollamiento del follaje. Como el calcio no es móvil en el floema, cuando una raíz lo absorbe no se desplaza a otro lugar (Jones, 1985). Es posible que todos estos factores influyan en el crecimiento del cultivo. En varios estudios se ha observado que el rendimiento es escaso en presencia de altas concentraciones de aluminio (figura 14).

Otro aspecto importante de la labranza mínima es la acumulación de residuos sobre la tierra. Con la descomposición de los residuos se forman algunos productos tóxicos que pueden dañar las plantas en crecimiento en la zona. Las toxinas pueden encontrarse en los residuos o pueden ser sustancias químicas inocuas en la planta que son transformadas en sustancias nocivas por microorganismos (Rice, 1974). Al incorporarse el rastrojo, las toxinas se forman rápidamente, pero después de 30 días su nivel es muy bajo. El nivel de actividad de las toxinas es muy bajo incluso cuando están en contacto con el suelo (Eliot et al., 1978).

Por este motivo, los efectos de los residuos que permanecen sobre la superficie pueden ser más graves que los que se producen cuando son incorporados. Los efectos alelopáticos son muy importantes en algunos cultivos; por ejemplo, el trigo es muy sensible a las toxinas producidas por el rastrojo del trigo. No hay indicios de este problema con el maíz, pues es posible sembrar maíz después de maíz en condiciones de labranza mínima, sin problemas de alelopatía.

### **Efectos de la labranza mínima en la planta y el rendimiento**

La mayoría de los cambios debidos a la labranza mínima tienen su principal efecto en el sistema radicular, si bien todo factor que afecta las raíces puede modificar el crecimiento de las partes aéreas. La falta de agua o nutrientes tiende a reducir el tamaño de las partes aéreas más que el de las raíces, quizá porque estas últimas se encuentran más cerca de esos elementos (Gardner et al., 1985).

Ya se mencionó que el crecimiento del sistema radicular puede retrasarse por compactación excesiva, suelos mal aireados o estratificación de abonos. (Cabe recordar que la probabilidad de que se presenten estos problemas depende de una combinación específica de suelos, clima y sistema de manejo.)

Una reducción en el volumen de enraizamiento sólo reduce el crecimiento de las partes aéreas cuando no hay agua o nutrientes suficientes en ese volumen. El efecto primario de la falta de agua es reducir la tasa de expansión foliar (figura 15; Hsiao y Bradford, 1983) y el índice del área foliar (figura 16). La escasez de nitrógeno resulta también en un índice del área foliar menor cuando ocurre antes de la floración (Jones, 1985; Greenwood, 1976).

En algunos ensayos sobre la labranza mínima en suelos mal drenados (Lindsay et al., 1983), suelos ácidos (Rodríguez y Lal, 1979) o niveles de fertilidad muy bajos (Kang y Yumusa, 1977), el desarrollo del área foliar fue lento en comparación con el que se dio con la labranza convencional. Por lo general, el rendimiento de

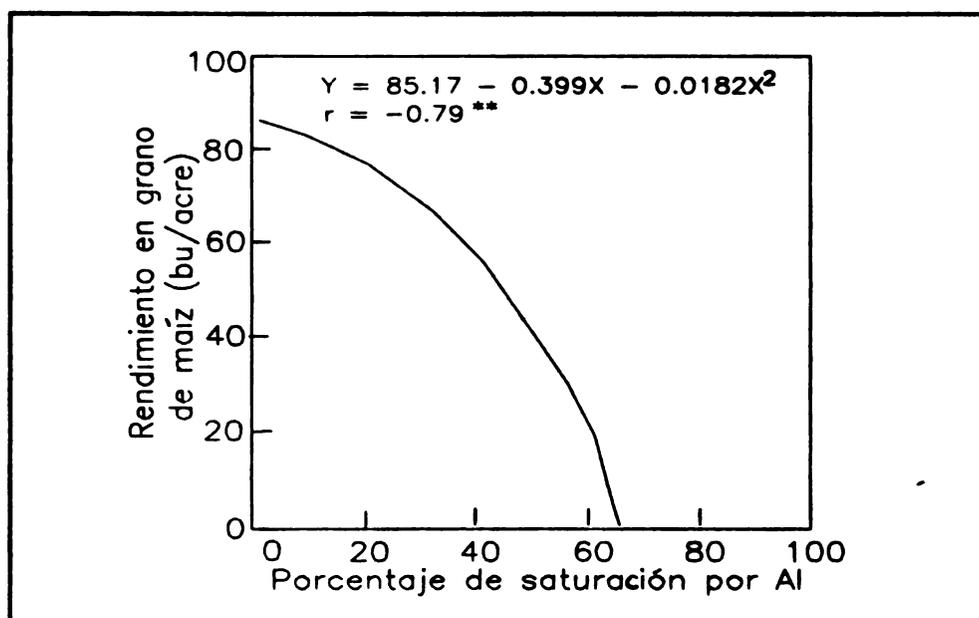


Figura 14. Relación entre porcentaje de saturación por Al y el rendimiento de maíz en una arcilla Itumatas (Jones, 1977).

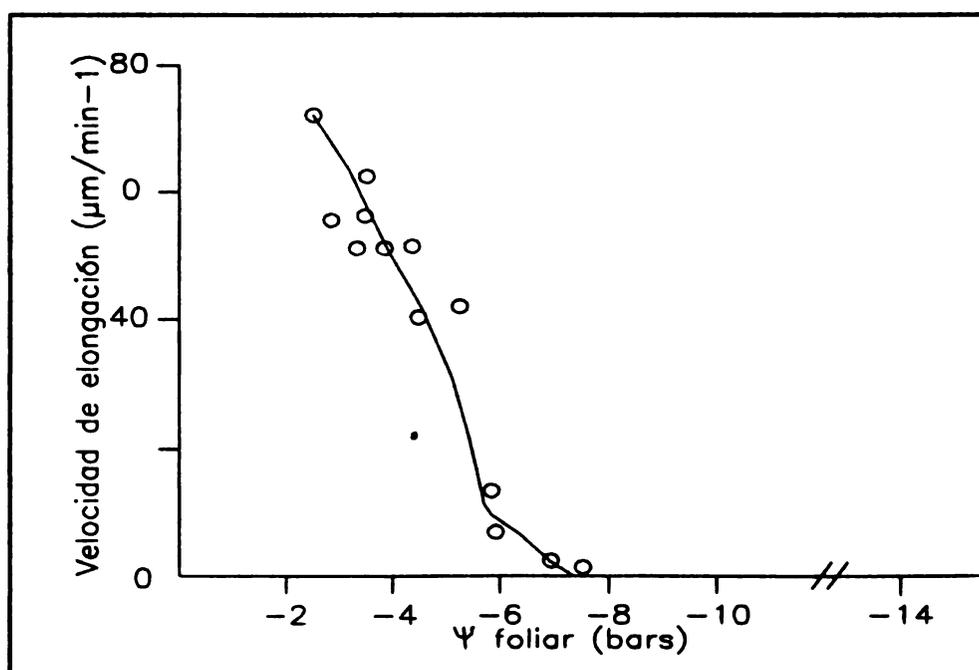
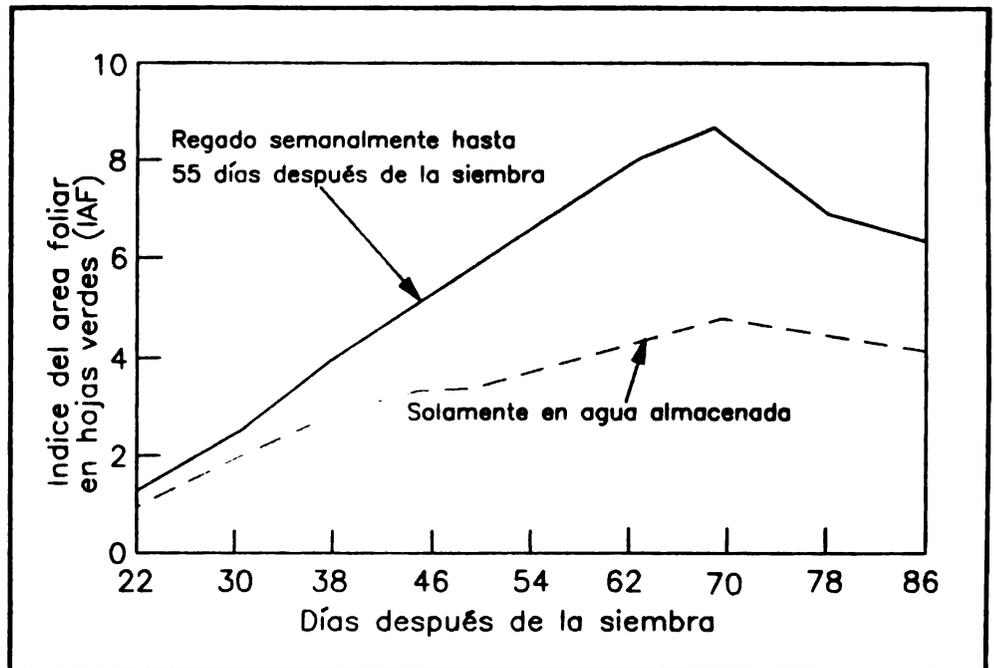


Figura 15. Efecto de la velocidad de la elongación foliar y el potencial foliar en plántulas de maíz de 10 días de edad (Hsiao y Bradford, 1983).



**Figura 16. Acumulación de área foliar para sorgo en crecimiento usando agua almacenada en el suelo en comparación con un cultivo recibiendo riego. El último riego se aplicó 55 días después de la siembra. Ambos tratamientos se protegieron con un resguardo contra lluvia (W.P. Jordan, 1983).**

biomasa se correlaciona muy de cerca con la cantidad de radiación captada por el cultivo, y cualquier reducción en la tasa de desarrollo del área foliar disminuye ese total (figura 17)

La falta de crecimiento por una demora en el cerramiento del follaje se modifica de manera no lineal, ya que en esta fase, cuando el crecimiento se ve limitado por la cantidad de follaje que capta energía solar, la acumulación de biomasa es exponencial, es decir, cada unidad de biomasa producida permite la formación de más biomasa, como en un sistema de interés compuesto (Hsiao, 1982; figura 18). Así, diferencias al parecer insignificantes en el crecimiento durante la etapa vegetativa se manifiestan en un cambio significativo del rendimiento final debido a sus efectos en la formación del follaje.

Como ya se mencionó, la experiencia general en zonas tropicales indica que el aumento del área foliar en condiciones de labranza mínima es igual o mejor que con la labranza convencional; no obstante, hay situaciones en que los factores en el suelo resultan en un desarrollo deficiente del follaje.

La labranza mínima con mantillo puede influir en el uso eficiente de dos factores importantes: el agua y los fertilizantes. La eficiencia del uso del agua (EUA) se define como el peso de materia seca producida por unidad de agua perdida en la evapotranspiración.

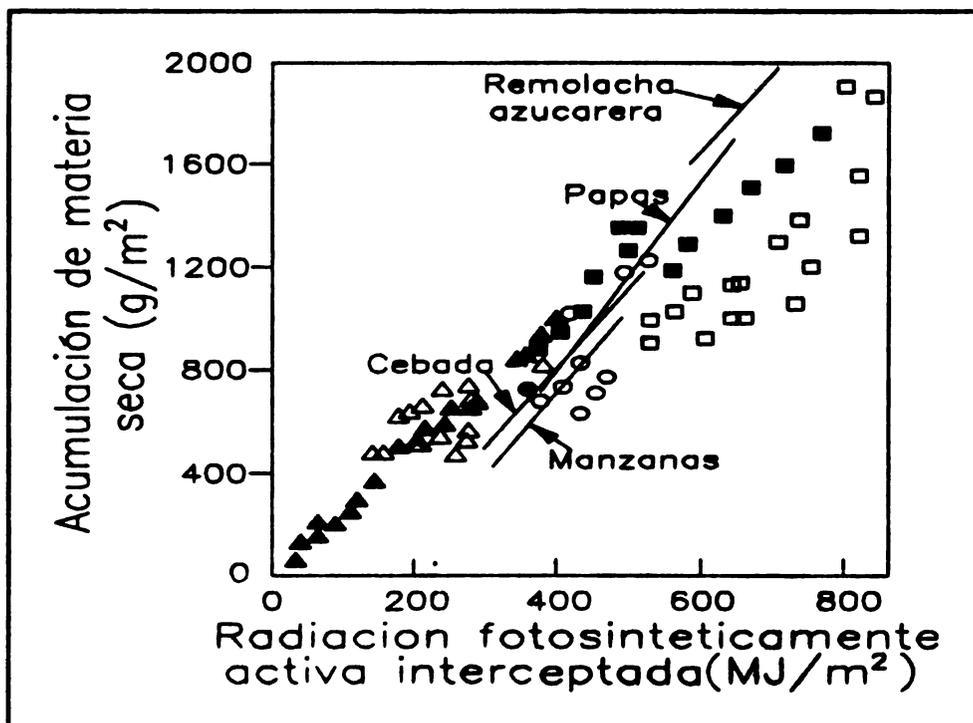


Figura 17. Relación entre la radiación activa en fotosíntesis y la producción de materia seca en zacates C4. (símbolos) y cultivos C3 (líneas) (Jones, 1977).

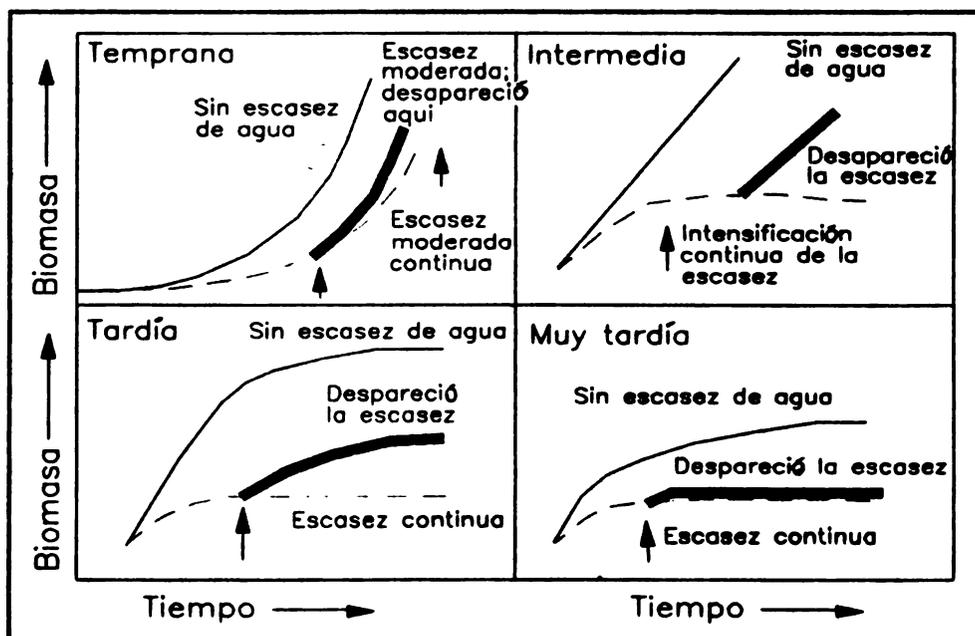


Figura 18. Los efectos de escasez de agua en la acumulación de materia seca en diferentes etapas de crecimiento (Hsiao, 1982).

---

En los sistemas de labranza mínima, las pérdidas de humedad por evaporación se reducen por dos razones relacionadas entre sí: un enraizamiento denso en las capas superiores y la presencia de rastrojo en la superficie. El agua en los centímetros superiores del suelo se pierde rápidamente después de una lluvia si el follaje no está cerrado; no obstante, si hay un enraizamiento rápido, denso y uniforme en la zona, la planta transpira una mayor proporción de esa agua (Taylor, 1983).

La labranza mínima fomenta el desarrollo de este tipo de enraizamiento y puede mejorar la eficiencia del uso del agua. Otra ventaja de este tipo de sistema radicular es que retrasa el estrés provocado por la sequía porque la demanda de agua de transpiración es satisfecha por el agua de la capa superior y, como resultado, las áreas más profundas conservan la humedad. Por otra parte, la presencia del mantillo en la superficie sirve para reducir las pérdidas por evaporación. El mantillo disminuye también la cantidad de energía solar que llega al suelo y modifica el gradiente de vapor (Gardner, 1983)

La disminución de las pérdidas por evaporación y una mejor infiltración de la lluvia por la presencia del rastrojo resultan en 15 a 25% más de agua disponible para el cultivo durante el ciclo (Wells, 1984) Un aumento en la proporción de agua usada en la transpiración mejora la eficiencia del uso del agua, como se ha demostrado en varios estudios (Lal et al . 1978)

Con la labranza mínima es posible mejorar la eficiencia del uso de fertilizantes (EUF) (Wells, 1984) En este trabajo la EUF se define como el rendimiento de grano por unidad de fertilizante aplicado. La mayor EUF con la labranza mínima se debe a la alta densidad de las raíces en la zona donde se aplica el fertilizante, y el aumento se nota mas cuanto mayores sean las cantidades de fertilizante aplicadas (figura 19) La recuperación de un nivel bajo de nitrógeno en condiciones de escasa fertilidad es producto de la inmovilización de fertilizantes, las pérdidas por denitrificación y un menor suministro de nitrógeno. El menor suministro de nitrógeno es consecuencia del proceso de mineralización favorecido por la aireación y los disturbios causados por la labranza tradicional.

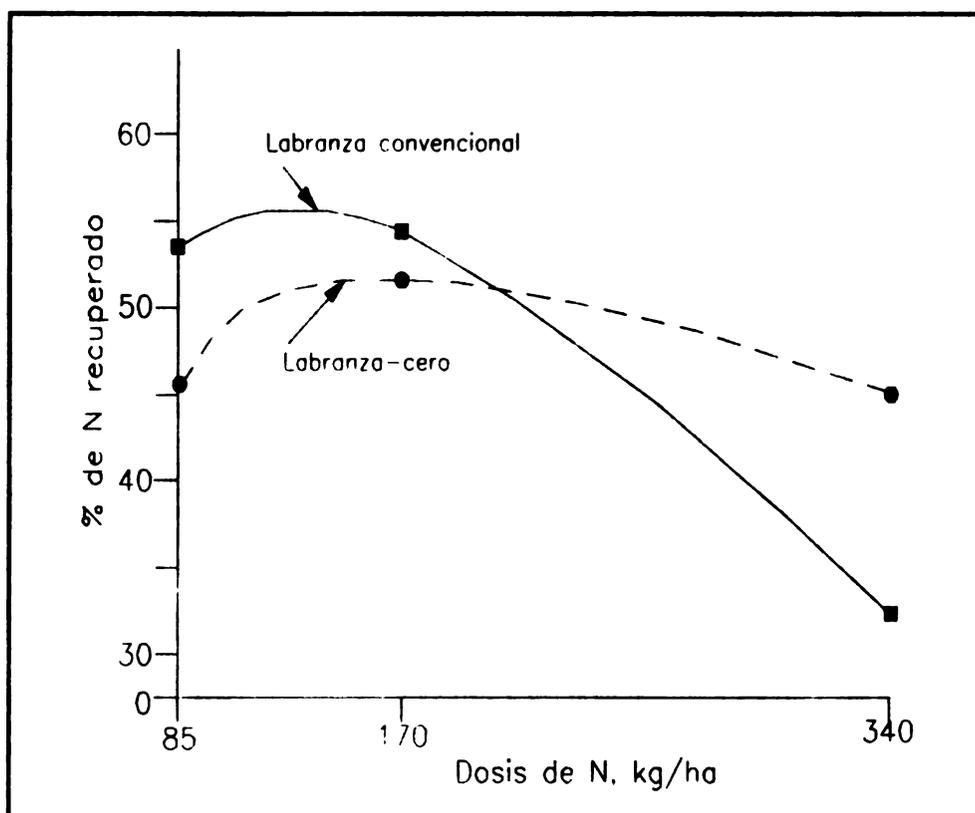


Figura 19. Recuperación del N fertilizante por el maíz bajo labranza cero y labranza convencional (Legg et al., 1979 citado por Wells, 1984).

---

## **Referencias**

- Anderson, E.L. 1987. Corn Root Growth and Distribution as Influenced by Tillage and Nitrogen Fertilization. *Agron. J.* 79: 544-549.
- Elliot, L.F., T.M. McCalla and A. Waiss, Jr. 1978. Phytotoxicity Associated with Residue Management, p. 131-146. In *Crop Residue Management Systems*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Gardner, H. R. 1983. Evaporation of Water from Bare Soil. p. 65-71. In H. M. Taylor, W. R. Jordan and T. R. Sinclair (eds.) *Limitations to Efficient Water Use In Crop Production*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin
- Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchel 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- Glinski, J. and W. Stepniewski 1985. *Soil Aeration and its Role for Plants*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Greenwood, E. A. N. 1976. Nitrogen Stress in Plants. *Advances in Agronomy* 28:1-35.
- Hargrove, W. L. 1985. Influence of Tillage on Nutrient Uptake and Yield of Corn. *Agron. J.* 77:763-768.
- Harrison - Murray, R. S. and R. Lal, 1979. High Soil Temperature and the Response of Maize to Mulching In the Humid Tropics. p. 285-304. In R. Lal and D. J. Greenland (eds) *Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics*. J Wiley and Sons N. Y.
- Hetrick, B. A. Daniels 1984. Ecology of VA Mycorrhizal Fungi. p.35-55. in C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (eds) *VA Mycorrhiza*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Hsiao, T. C. 1982. The Soil-Plant-Atmosphere Continuum In Relation to Drought and Crop Production. In *Drought Resistance In Crop with Emphasis on Rice*. International Rice Research Institute. Los Baños, Phillipines.
- Hsiao, T. C. and K. J. Bradford. 1983. Physiological Consequences of Cellular Water Deficits. In H. M. Taylor, W. R. Jordan and T. R. Sinclair (eds) *Limitations to Efficient Water Use In Crop Production*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Jones, C. A., 1985. *C4 Grasses and Cereals*. J. Wiley and Sons. N. Y. p. 419.
- Kang, B. T. and M. Yumusa, 1977. Effect of Tillage Methods and Phosphorus Fertilization on Maize In the Humid Tropics. *Agron. J.* 69:291-294.
- Kayambo, B., R. Lal and G. C. Mrema, 1986. Traffic-Induced Compaction in Maize, Cowpea and Soya Bean Production on a Tropical Alfisol Flowing and no-Tillage : *Crop Growth*. *J. Sci. Food Agric.* 37:1139-1154.

Kramer, P. J., 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press N. Y. p. 489.

Lawson, T.L. and R Lal 1979. Response of maize to surface and buried straw mulch on a tropical alfisol. In R. Lal (ed) *Soil Tillage and Crop Production*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

Lal, R., P. R. Maurya and S. Osei-Yeboah, 1978. Effects of No-Tillage and Ploughing on Efficiency of Water Use In Maize and Cowpea. *Expl. Agric.* 14:113-120.

Lindsay, J. I. and S. Osei-Yeboah, 1978. Effects of Different Tillage Methods on Maize Growth on a Tropical Inceptisol with Impeded Drainage. *Soil and Tillage Research*. 3:185-196.

Marschner, H., 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. N. Y. p.674.

Monteith, J. L., 1979. Soil Temperature and Crop Growth in the Tropics. p-250-262. In R Lal and D J Greenland (eds.) *Soil Physical Properties and Crop Production In the Tropics*. J Wiley and Sons, N. Y. p. 551.

Moschler, W. W., D C Martens, C. I. Rich and G. M. Shear, 1973. Comparative Time Effects on Continuous No-Tillage and Conventionally Tilled Corn. *Agron. J.* 65:781-783.

Newell, R. L. and W W Wilhelm, 1987. Conservation Tillage and Irrigation Effects on Corn Root Development. *Agron. J.* 79:160-165.

Parish, D. H., 1971. Soil Conditions as they Affect Plant Establishment, Root Development, and Yield. (E.) Effects of Compaction on Nutrient Supply to Plants. p. 277-291. In K. K. Barnes, W. M. Carleton, H. M. Taylor, R. I. Throckmorton and G. E. Vandenberg (eds.) *Compaction of Agricultural Soils*. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan.

Pitman, M. G., 1981. Ion Uptake. In L. G. Paleg and D. Aspinall (eds.) *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press N. Y.

Rice, E. L., 1974. *Allelopathy*. Academic Press N. Y. 353p.

Rodríguez, M. and R. Lal, 1979. Comparison of Zero and Conventional Tillage Systems in an Acidic Soil. In R. Lal (ed). *Soil Tillage and Crop Production*. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria.

Russell, R. S., 1977. *Plant Root Systems : Their Function and Interaction with the Soil*. McGraw Hill Book Company. N. Y. p. 298

---

**Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. J. Wiley and Sons, Inc. N Y 618p**

**Simpson, G. M.. 1981 Water Stress on Plants. Praeger Publishers, N. Y P 324.**

**Taylor, H. M.. 1983 Managing Root Systems for Efficient Water Use : An Overview. p. 87-114 In H. M Taylor, N. R. Jordan, and T R. Sinclair. Limitations to efficient water use in crop production. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.**

**Tinker, P B., 1981. Root Distribution and Nutrient Uptake. p. 115-136. In R. S. Russell, K. Igue and Y. R. Mehta (eds). The Soil/Root System in Relation to Brazilian Agriculture. Fundacao Instituto Agronómico de Paraná.**

**Wells, K. L., 1984 Nitrogen Management in the No-Till System. p.535-550. In R. D. Hanck (ed). Nitrogen in Crop Production. America Society of Agronomy. Madison, Wisconsin**

# ***Importancia relativa de plagas en labranza tradicional y de conservación: una revisión de la literatura***

---

A. Ortega

## **Resumen**

En los sistemas de labranza tradicionales, o convencionales, los rastrojos de los cultivos junto con las malezas asociadas, son quemados, incorporados, pastoreados o recolectados para uso doméstico y consumo animal. Bajo estos sistemas, la superficie edáfica queda desprotegida y vulnerable a procesos de erosión por periodos prolongados

Por el contrario, en la labranza de conservación, la cubierta vegetal se maneja para inducir el establecimiento de mantillos. Estos mantillos, protectores de la superficie del suelo, aportan materia orgánica y fomentan una mejor captación e infiltración del agua de lluvia o riego

La disminución o suspensión por periodos prolongados de las labores de preparación de la cama de siembra, así como el mantenimiento de residuos vegetales y malezas en la superficie del suelo, pueden alterar la abundancia relativa de los componentes bióticos del agroecosistema. La cubierta vegetal y el suelo no perturbado son portadores de organismos inocuos y de aquellos considerados como plagas. La posición relativa de ambos, así como la de sus parásitos y depredadores también puede sufrir modificaciones. Esta contribución pretende resumir, en base a una revisión de la literatura pertinente, las experiencias acumuladas sobre estos últimos aspectos.

A partir de la década de los 50s, se ha venido desarrollando lo que en la actualidad constituye un valioso arsenal de productos herbicidas, cuyo manejo apropiado es cada vez mas complejo. La disponibilidad de estos productos, en la agricultura de las regiones templadas de los Estado Unidos principalmente, ha brindado a los productores agrícolas, la oportunidad de modificar los procedimientos tradicionales para el establecimiento de cultivos. La preparación tradicional de la cama de siembra, basada en el arado y rastras, se ha ido substituyendo paulatinamente por un manejo químico y/o mecánico de los rastrojos y por la regulación de las poblaciones de malezas por medio de herbicidas. La disponibilidad de herbicidas también ha permitido incorporar tierras marginales, como aquellas con pendientes excesivas, muy vulnerables a sistemas tradicionales de labranza, y explotarlas en forma intensiva.

Las primeras experiencias relacionadas a la labranza de conservación se efectuaron en las regiones templadas cuando se trató de sembrar maíz en mantillos de praderas muertas por la aplicación de herbicidas, que por varios años se habían destinado a la producción de forraje (Cuadro 1).

La rutina, antes que existieran los herbicidas apropiados, consistía en incorporar el mantillo vegetal y dar los pasos de maquinaria necesarios para preparar la cama de siembra. Estas operaciones de labranza reducían, aunque no siempre, las poblaciones de insectos y otros organismos nocivos. Con el advenimiento de los herbicidas y el equipo para la siembra directa fue posible eliminar los pasos tradicionales de labranza e instalar la semilla de maíz, a través de los rastrojos,

---

sin perturbar el suelo. Sin embargo, se sabe que el ambiente poco perturbado de las praderas propicia el incremento, entre otros, de insectos del suelo. Varios de estos insectos y otros organismos también prosperan con la presencia de mantillos vegetales, un nuevo componente agroecológico que entre otras propiedades contribuyen a reducir las temperaturas de la superficie del suelo, aumenta la humedad y la materia orgánica y provoca cambios en la biosfera agrícola. Bajo estas circunstancias, la vulnerabilidad de un cultivo como el maíz, que germina más lentamente y es el único alimento disponible, es más elevada a larvas que dañan la semilla, a gusanos cortadores, gusanos soldados, babosas y roedores (Cuadro 2). El complejo de insectos es básicamente el mismo que daña al maíz en los sistemas de labranza tradicionales, con excepción de dos barrenadores que no tenían importancia o eran plagas secundarias. Se esperaba que insectos como diabrotica, colaspis, gallina ciega, gusanos de alambre, por citar algunos, se constituyeran en factores limitantes. Las experiencias acumuladas, aunque de pocos años, han revelado que esto no ha sucedido. Así, estudios recientes con un seguimiento de tres años (Cuadro 3) han revelado que los sistemas de labranza no parecen influir en las poblaciones de diabrotica. Por otro lado un insecto como el cogollero (Cuadro 4) tiende a ser menos importante en las primeras etapas de desarrollo del maíz en los sistemas de labranza de conservación que en los tradicionales. Se especula que la presencia del mantillo afecta la percepción visual y olfatoria de la palomilla. Con otros insectos, como los barrenadores que invernan o estivan como larvas en los rastrojos, algunas experiencias señalan que los rastrojos deben ser incorporados, mientras que la mayoría indica que las diferencias entre labranza tradicional y de conservación no justifican la quema o incorporación del mantillo.

Aunque las evidencias son aun escasas, las tendencias señalan que la flora y fauna benéficas (Cuadro 5) se incrementan en los sistemas de labranza de conservación, en contraste a lo observado en los de labranza tradicional. Quizá esto explique parcialmente que las densidades de población de algunos insectos nocivos lleguen a ser similares en ambos sistemas de labranza. También, la disponibilidad de abundante materia orgánica, recurso alimenticio para algunos insectos como el gusano saltarín, los elimina de la categoría de plagas.

Se empieza a estudiar también el impacto que pueden tener los herbicidas sobre las poblaciones de insectos (Cuadro 6). En el caso de *Spodoptera littoralis*, la pronamida, un herbicida que se utiliza para aplicaciones en posemergencia en alfalfa, inhibe el proceso alimenticio de las larvas, su ganancia en peso es mínima y su desarrollo anormal. El 2,4-D un herbicida de uso común en maíz (Cuadro 7), favorece el incremento de las poblaciones del pulgón de la hoja (*Rhopalosiphum maydis*) y del barrenador europeo (*Ostrinia nubilalis*). Además, en este último incrementa su peso y potencial reproductivo (Cuadro 8). El herbicida duplica la proteína total de las hojas en la planta de maíz.

En cuanto a fitopatógenos en los sistemas de producción de maíz, seguido de maíz, en un esquema de labranza de conservación, varios hongos que parasitan

el follaje tienden a incrementarse (Cuadro 9). Estos hongos persisten en el rastrojo no incorporado y son la fuente de inóculo para el cultivo del año siguiente. Sin embargo, en la mayoría de los casos la resistencia genética de los híbridos de maíz a estos patógenos, se ha mantenido. Aunque no documentada en la literatura que se revisó, la rotación de esquemas de labranza podría ser otra alternativa complementaria para abatir la fuente de inóculo.

Las experiencias que se han venido acumulando durante los últimos 15 años, junto con la continua introducción de nuevos herbicidas e insecticidas, las constantes innovaciones en el equipo para manejar los rastrojos, en el equipo para siembra directa, que debe aplicar simultáneamente alguna de las diferentes formulaciones de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, han generado diversas opciones que varían en la intensidad con que se perturba el mantillo vegetal y la capa arable. Tal intensidad influye en la abundancia relativa de organismos nocivos y benéficos.

Un ejemplo sobresaliente de tal proceso lo constituye el sistema de producción desarrollado para zonas áridas, (Cuadro 10), en las que la conservación del suelo y humedad adquieren una relevancia capital. En este sistema, tanto en la secuencia bianual trigo-descanso-trigo como en la trianual trigo-descanso-sorgo (o maíz)-descanso-y trigo nuevamente, los rastrojos permanecen protegiendo la superficie del suelo, reduciendo la evaporación y elevando la infiltración del agua. Durante los períodos de descanso las malezas se eliminan por medio de aplicaciones de herbicidas. En la rotación trianual, la pudrición de tallo ocasionada por *Fusarium moniliforme* en sorgo o maíz, promedió en tres años 39% en el sistema tradicional y 11% en el de conservación. La mayor incidencia se atribuye a la mayor vulnerabilidad de las plantas en el sistema tradicional, donde el estrés hídrico es más elevado. La incidencia de enfermedades foliares ha sido baja y similar en ambos sistemas. En la secuencia trigo-descanso-trigo se han incrementado dos patógenos (*Pyrenophora trichostoma* y *Septoria tritici*) y gusanos de alambre.

El sistema intensivo de producción más difundido y rentable, de dos cosechas por año agrícola, está constituido por la rotación trigo (o cebada) y soya (Cuadro 11). La implementación de este sistema en las regiones templadas sólo fue posible cuando el agricultor tuvo acceso a las variedades apropiadas de cada cultivo, a los herbicidas y equipo de siembra directa, que le permitiera operar oportunamente dentro de un esquema de labranza de conservación. En este sistema (Cuadro 12) la importancia del complejo de insectos nocivos que daña al trigo es menor que la registrada para la labranza tradicional. Nuevamente, la disponibilidad de materia orgánica para insectos como el gusano saltarín, la presencia de rastrojos que modifican el comportamiento de los pulgones y la mayor abundancia de artrópodos benéficos, disminuyen la importancia económica de tales insectos.

---

Aunque a veces las evidencias son contradictorias como en el caso del maíz, también en trigo ciertos hongos (Cuadro 12) prosperan mejor en labranza tradicional y otros en labranza de conservación. Son los patógenos radiculares los que aparentemente son más abundantes en labranza de conservación.

La soya establecida en rastrojo de trigo confronta mayores problemas de enfermedades e insectos (Cuadro 13) En este caso la nula perturbación del suelo favorece a los trips, la lenta germinación de la semilla la hace más vulnerable a las larvas de la mosca de las semillas y el mantillo proporciona un ambiente más propicio para los gusanos cortadores y babosas. Los nemátodos han sido más abundantes en la rotación soya-soya en labranza de conservación y en la rotación cebada-soya en labranza tradicional. En otro estudio se detectó una mayor nodulación en las raíces de soya en labranza de conservación, atribuible a un bajo estrés hídrico y en menor vulnerabilidad a *Fusarium*.

La información para otros cultivos y sistemas de producción es aún más escasa ó nula. Las pocas referencias que fueron consultadas se presentan en los Cuadros 14, 15, 16 y 17. En algodón (Cuadro 14) se confirma la superioridad de los sistemas tradicionales que imponen normas rígidas para la eliminación mecánica de los residuos portadores de gusano rosado y picudo. La utilización de herbicidas, sobre todo en aquellas situaciones en las que el clima impide el desvare y la incorporación oportuna de los residuos, es una valiosa alternativa que además permitiría seguir al algodón con algún cultivo de relevo utilizando equipo para siembra directa.

En el sistema de producción arroz-leguminosas de grano (cuadro 15) las poblaciones de insectos nocivos, con excepción de los barrenadores, son más elevadas en las parcelas establecidas con labranza tradicional. En la asociación frijol-maíz, o en el relevo de maíz por frijol, empoasca y diabrotica son más abundantes en labranza tradicional (Cuadro 16) La alfalfa (o el trébol) instalada en mantillo de pradera muerta es más dañada por grillos, chapulines y babosas.

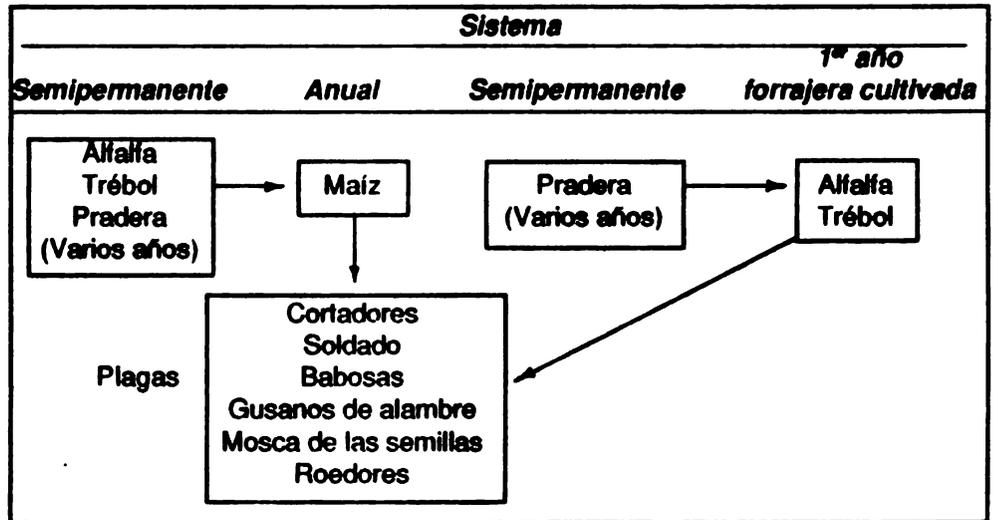
Los fitopatógenos juegan un papel determinante en las hortalizas y no se recomienda su explotación bajo esquemas de labranza de conservación.

Por último en relación al sorgo, la limitada información disponible sugiere una menor incidencia de pudriciones de raíz y tallo y una mayor incidencia de cenicilla, bajo labranza de conservación. En cuanto a insectos, la abundancia relativa es similar en ambas situaciones. Con la finalidad de analizar las experiencias adquiridas hasta 1980 sobre los sistemas de labranza nula en la producción de maíz, Warsham (53) encuestó personas en 25 estados de la Unión Americana (Cuadro 18). Se consideraron los factores que constituyen problemas actuales y futuros, aquellos que limitan la expansión y los que deben ser investigados más amplia-

mente. Por un margen elevado las malezas, sobre todo las perennes, continúan siendo el factor preponderante por resolver. En seguida los insectos nocivos y después las enfermedades siguen en importancia. Entre los factores agronómicos que demandan más atención está la obtención de variedades apropiadas, la investigación sobre rotaciones intensivas y el diseño o uso de mejores equipos para la aplicación de fertilizantes en el sitio apropiado.

Resumiendo, la literatura consultada (Cuadro 19) de 1970 a 1986, confirma que en los sistemas de labranza de conservación, pero principalmente en el de labranza cero, el daño que puedan ocasionar insectos nocivos y fitopatógenos es potencialmente mayor. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las estrategias diseñadas para los sistemas tradicionales son aplicables para combatir estos problemas en los sistemas de conservación. Los sistemas de conservación demandan una vigilancia más estricta y minuciosa en tiempo y espacio. Para finalizar, indicaremos que la menor vulnerabilidad (Cuadro 20) se daría con la disponibilidad y uso de variedades resistentes por parte del productor, cuyo ciclo brindará oportunidad para incorporarlas en sistemas intensivos de producción. Las rotaciones alternarían diferentes cultivos y sistemas de labranza de conservación y, de requerirse, la aplicación oportuna a los rastrojos de los agroquímicos apropiados.

**Cuadro 1. Cambios en el status de organismos no dañinos a plagas al cambiar sistemas de producción.**



Cuadro 2. Algunos insectos y organismos asociados al agrosistema de maíz en labranza tradicional y de conservación

Organismos e insectos	Labranza		Referencia No.	Nombre científico
	Tradicional	Conservación		
Mosca de la semilla	=	=+	11,48,54	<i>Delia platura</i>
Cortadores	-	+	2,7,11,13,46,48,58,59	<i>Agrotis</i>
Gusanos de alambre	=	=	7,11,13,48	<i>Melamothus, Aeolus, Conoderus</i>
Escarabajo de la caña de azúcar	=	=	6	<i>Eutheola rugiceps</i>
Catarinitas	=	=	13,48,61,62,65,66	<i>Diabrotica spp.</i>
Huevecillos	-	+	7,13,61,62	<i>Diabrotica spp.</i>
Larvas	=	=	7,13,61,62	<i>Diabrotica spp.</i>
Gallina ciega	=	=	13,48,69,73	<i>Phyllophaga</i>
Pulgones radiculares	=	=+	6,7,13,48	<i>Anuraphis maidiradicis</i>
Pulguilla negra	=	=	7,48	<i>Chaetocnema</i>
Colaspis	=	=	7,11,48	<i>Colaspis brunnea</i>
Picudos	=	=+	6,48,67	<i>Shenophorus callosus</i>
Saltarin	+	-	2,6,48,71,72,74	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>
Barrenador del kúpulo*	-	+	48	<i>Hydraecia immanis</i>
Gusano soldado	-	+	7,13,46,48	<i>Pseudaletia unipuncta</i>
Cogollero	=+	=	2,6,48,65	<i>Spodoptera frugiperda</i>
Chapulines	=	=+	6,48	Varios
Pulgones	=	=+	6,20,81	<i>Rhopalosiphum maidis</i>
Chicharritas	=	=+	6,20,81	<i>Graminiella, Peregrinus</i>
Elotero	=	=	11,48	<i>Heliothis zea</i>
Barrenadores	=	=+	7,11,13,15,76,77,79	<i>Ostrinia, Diatraea, Sesamia, Busseola, Eldana</i>
Barrenador de plántulas**	-	+	7,11,13,48,78	<i>Papaipema nebris</i>
Babosas	-	+	7,13,48,54,65	<i>Deroceras</i>
Nemátodos	=+	=	15,20,122,124,127	Varios
Roedores	-	+	7,13,48	Varios
Pájaros	=	=	6,48	Varios

*Nueva plaga	= igual importancia	+ más importante
**De plaga secundaria a primaria	- menos importante	=+ igual o más importante

**Cuadro 3. Incidencia de *Diabrotica spp.* en maíz bajo diferentes sistemas de labranza. Promedio de tres años (1980-1982). (Johnson, T.B., et al. (1985))**

<i>Labranza</i>	<i>No.de Huevecillos<sup>1/</sup></i>	<i>Daño a raíces<sup>2/</sup></i>
Arado de vertedera	4	3
Arado de cincelos	4	4
Labranza cero	3	3

<sup>1/</sup>Promedio de muestras de 0.47 lts. de suelo  
<sup>2/</sup>Escala 1 = sin daño; 6 = tres o más nudos destruidos

**Cuadro 4. Porcentaje de plantas de maíz dañadas por cogollero, bajo dos sistemas de labranza y dos tratamientos de insecticida (R. Rosario, N. Tavarez, M. Maleo PCCMCA 27<sup>va</sup> Reunión, 1981)**

<i>Tratamiento</i>	<i>Labranza</i>	
	<i>Convencional</i>	<i>Conservación</i>
Con insecticida	9	4
Sin insecticida	30	20

**Cuadro 5. Abundancia relativa de agentes entomófagos en labranza tradicional y de conservación.**

<i>Grupo</i>	<i>Labranza</i>		<i>Referencia No.</i>
	<i>Tradicional</i>	<i>Conservación</i>	
Hongos entomógenos	-	+	6,30
Carábidos	-	+	6,33,48,55,135
Estafilínidos	-	+	6
Hongos entomógenos	-	+	132
Nemátodos entomógenos	-	+	132
Virus	-	+	132
Bacterias	-	+	132
Avispas parasitoides	-	+	56,110
Orius, Nabis, Gebloris	-	+	92

+ Más abundante  
- Menos abundante

**Cuadro 6. Inhibición alimentaria en *Spodoptera litoralis* alimentada en alfalfa tratada con pronamida (Meisner, et al., 1987.)**

<i>Pronamida</i> % i.a.	<i>Peso promedio en miligramos</i>		
	<i>Inicial</i>	<i>a 48 horas</i>	<i>Diferencia</i>
0.3	98	71	17
0.2	100	87	13
0.1	100	116	16
0.05	102	218	116
Testigo	100	211	111

**Cuadro 7. Efecto del 2,4-D sobre la incidencia de insectos en maíz (Oka, y Pimentel; 1976)**

<i>Tratamiento</i>	<i>No. de Pulgones en 60 plantas</i>	
	<i>1973</i>	<i>1974</i>
Testigo	618	1420
2, 4-D kg/ha		
0.14	1388	2449
0.55	1679	3116
4.40	----	2023
	<i>% Plantas infestadas por barrenador</i>	
Testigo	16	63
0.14	24	83
0.55	28	70
4.40	--	63

**Cuadro 8. Efecto del 2,4-D sobre el barrenador europeo de maíz y proteína total en hojas de maíz (Oka, y Pimentel; 1976)**

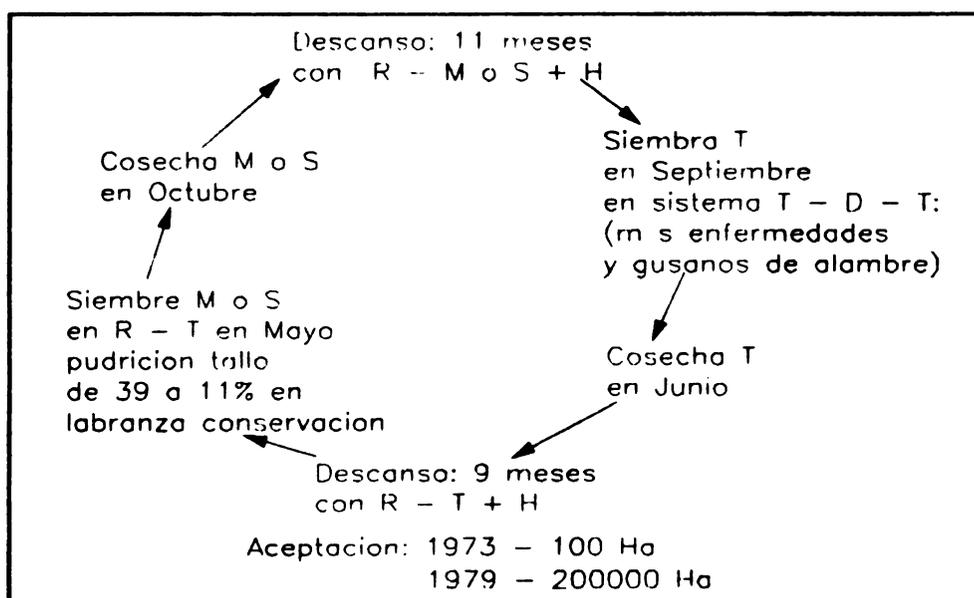
<i>2,4-D</i> (ppm)	<i>Peso pupa</i> <i>barrenador</i> (mg)	<i>Masas de</i> <i>huevecillos</i> <i>producidas/hembra</i>	<i>Proteína total</i> <i>en mg/gramo</i> <i>de hoja</i>
0	93	19	2
5	98	26	2
20	113	25	4
80	103	32	4
320	91	19	3

**Cuadro 9. Efecto de los sistemas de labranza sobre la cantidad de fitopatógenos del follaje en la rotación maíz-maíz.**

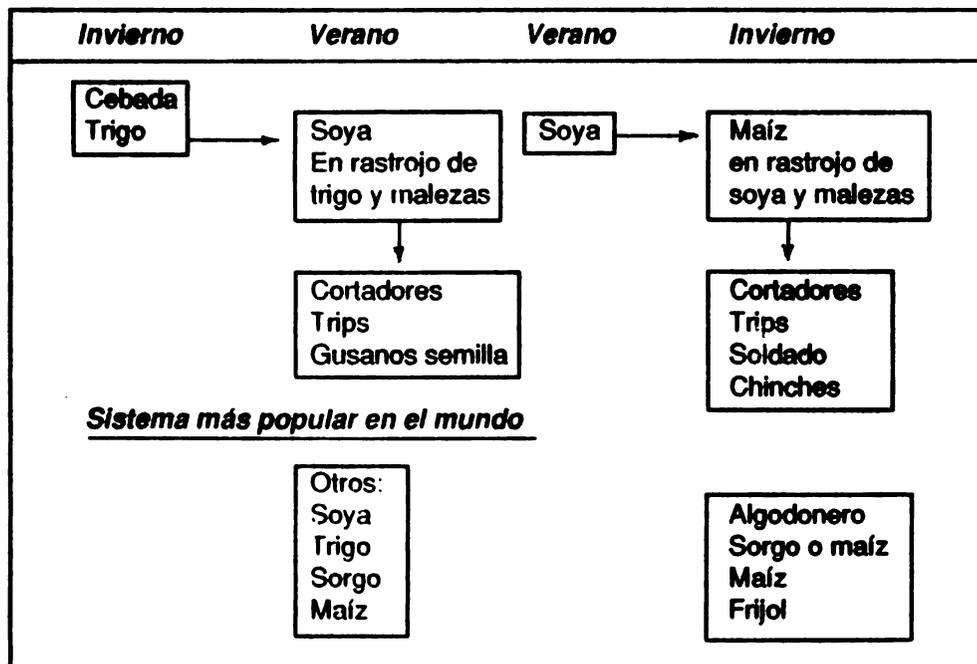
Organismo Fitopatógeno	Labranza		Referencia No.	Nombre científico
	Tradicional	Conservación		
Pythium	-	+	9,84	<i>Pythium</i>
Antracnosis *	-	+	7,9,20,84,91,136	<i>Colletotrichum graminicola</i>
Tizón amarillo *	-	+	7,11,20,84,91	<i>Phyllosticta maydis</i>
Tizón turcicum	-	+	2,7,9,11,20,84	<i>Exerohilum turcicum</i>
Tizón maydis *	-	+	90,91	<i>Cochliobolus hesterostrophus</i>
Roya común	=	=+	2,7,11	<i>Puccinia sorghi</i>
Mancha café	-	+	7,20,82,84,85	<i>Physoderma maydis</i>
Kabatiella *	-	+	7,84	<i>Kabatiella zea</i>
Cercospora **	-	+	7,20,84,89,137	<i>Cercospora zea-maydis</i>
Pudriciones raíz y tallo	+	-	2,7,11,20,83,84,91,134	<i>Fusarium moniliforme</i>
Pudriciones tallo	-	+	83	<i>Stenocarpella maydis</i> (=Diplodia)
Pudriciones mazorca	=	=+	7,11,84	Varios
Virus	=	=	20,84	Varios

\*Inoculum proviene de rastrojo infestado - menos importante - + más importante  
 \*\*De poca importancia a enfermedad primaria = igual importancia =+ igual o más importante

**Cuadro 10. Labranza de conservación para regiones áridas con suelos profundos (Doupnik et al., 1980)**



**Cuadro 11. Sistemas de producción con labranza de conservación**



**Cuadro 12. Trigo. Incidencia de enfermedades e insectos bajo sistemas de labranza tradicional y de conservación.**

Organismo Fitopatógeno	Labranza		Referencia No.	Nombre Científico
	Tradicional	Conservación		
Mal del pie	+	-	7.11.20.115,117	<i>Gaeumannomyces graminis tritici</i>
Mal del pie <sup>1</sup>	-	+	113	<i>G. graminis tritici</i>
Quebra paja	+	-	7.11.20.112	<i>Pseudocercospora herpotrichoide</i>
Pudrición raíz	-	+	118.138	<i>Pythium spp.</i>
Pudrición raíz	-	+	7	<i>Cercospora spp.</i>
Pudrición raíz <sup>2</sup>	-	+	111 116.119	<i>Rhizoctonia solani</i>
Pudrición raíz	=+	=+	7.2.11.115	<i>Helminthosporium sativum</i>
Roya del tallo	=	=	11	<i>Puccinia graminis tritici</i>
Roya de la hoja	-	+	2	<i>P. recondita</i>
Cenicilla	=+	=	2,11	<i>Erysiphe graminis</i>
Tizón foliar	=	=	2	<i>Septoria tritici</i>
Carbones	=	=	11	<i>Ustilago</i>
<b>Insectos</b>				
Gusano saltarín <sup>3</sup>	+	-	2	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>
Pulgón verde <sup>11</sup>	+	-	10,8	<i>Schizaphis graminum</i>
Pulgón de la hoja	+	-	2	<i>Metopolophium dirhodum</i>
Pulgón de la espiga	+	-	2	<i>Sitobion avenae</i>
Caterinita de los cereales <sup>5</sup>	-	+	110	<i>Oulema melanopus</i>

<sup>1</sup> Estudio reciente que invalida los anteriores	= igual importancia
<sup>2</sup> Nueva raza produce en Australia "manchones desnudos"	- menos importante
<sup>3</sup> Se alimenta también de rastrojo	+ más importante
<sup>4</sup> Influencia de rastrojo	=+ igual o más importante
<sup>5</sup> Rastrojo proporciona habitat óptimo para adultos invernantes	

Cuadro 13. Soya. Incidencia de enfermedades e insectos y efectos en la nodulación en sistemas de labranza tradicional y de conservación.

Organismos Fitopatógeno	Labranza		Referencia No.	Nombre científico
	Tradicional	Conservación		
Llaga del tallo*	-	+	102	<i>Diaporthe phaseolorum</i>
Fusarium*	=	+	20	<i>Fusarium</i>
Marchitez (plántula)*	=	+	20	<i>Rhizoctonia solani</i>
Nemátodos (unicultivo)	-	+	130	<i>Heterodera glycine</i>
Nemátodos (rotación)	+	-	130	<i>Heterodera glycine</i>
Hongos del suelo	-	+	103	<i>Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Rhizopus</i>
<b>Nodulación y fijación de nitrógeno</b>	-	+	101	Debido a estrés hídrico en tradicional y mayor incidencia y Fusarium.
<b>Insectos</b>				
Cortadores	-	+	48	<i>Agrotis ipsilon</i>
Trips	-	+	2	<i>Caliothrips phaseoli</i>
Chinches	-	+	2	<i>Nezara viridula, otras</i>
Gusano del trébol	+	-	98,99	<i>Plathypena scabra</i>
Mosca de la semilla	-	+	48,93	<i>Delia platura (=Hylemya)</i>
Conchuela	-	+	97	<i>Epilachna varivestis</i>
Catarinita	+	-	48,100	<i>Diabrotica balteata</i>
Babosas	-	+	48	<i>Deroceras reticulatum</i>
* Inoculun proviene de rastrojo infestado = igual importancia - menos importante + más importante				

Cuadro 14. Incidencia de insectos y de fitopatógenos en el algodónero bajo dos sistemas de labranza.

Insecto	Labranza		Referencia No.	Nombre científico
	Tradicional	Conservación		
Cortadores	=	=+	25	<i>Agrotis ipsilon</i>
Afido	-	+	2	<i>Aphis gossypii</i>
Bellotero	-	+	24,25	<i>Heliothis zea</i>
Gusano rosado	-	+	2,22	<i>Pectinophora gossypiella</i>
Picudo	-	+	27	<i>Anthonomus grandis grandis</i>
Trips	=	=	2	<i>Frankliniella</i>
Broca	+	-	2	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>
Fauna benéfica	-	+	2	Varias
<b>Fitopatógenos</b>				
Pudrición	+	-	2	<i>Colletotrichum, Rhizoctonia</i>

**Cuadro 15. Incidencia de insectos y fitopatógenos en el Chicharo de vaca (*Vigna unguiculata*), siguiendo al arroz, bajo dos sistemas de labranza.**

<i>Insectos y otros</i>	<i>Labranza</i>		<i>Referencia No.</i>	<i>Nombre científico</i>
	<i>Tradicional</i>	<i>Conservación</i>		
Chicharritas	+	-	29,30	<i>Amrasca bigutula</i>
Trips	+	-	29,30	<i>Thrips palmi</i>
Pulgón	+	-	30	<i>Aphis craccivora</i>
Mosca de frijol	+	-	29,30	<i>Ophiomyia phaseoli</i>
Barrenadores	-	+	28	<i>Sciepophaga, Sesamia</i>
<b>Fitopatógenos</b>				
Pudrición del tallo	-	+	31	<i>Sclerotium oryzae</i>

= igual importancia, - menos importante, + más importante, =+ igual o más importante

**Cuadro 16. Incidencia de insectos en varios cultivos, bajo dos sistemas de labranza.**

<i>Cultivo e insectos</i>	<i>Labranza</i>		<i>Referencia No.</i>	<i>Nombre científico</i>
	<i>Tradicional</i>	<i>Conservación</i>		
<b>Asociación maíz-frijol</b>				
Chicharritas	+	-	2	<i>Empoasca kraemera</i>
Catarinitas	+	-	2	<i>Diabrotica speciosa</i>
<b>Hortalizas</b>				
Fitopatógenos	-	+	42	Varios
<b>Cacahuete</b>	+	-	32	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parastilu, A. niger</i>
<b>Col y Col Forrajera</b>				
Mosca de col	-	+	40	<i>Delia brassicae</i>
Pulgilla saltona	+	-	35	<i>Phyllotreta cruciferae,</i> <i>P. striata</i>
<b>Alfalfa o Trébol en pasto</b>				
Babosas	-	+	34	<i>Agriolimax reticulatus</i>
Grillos	-	+	34,36,37,38	<i>Nemobius, Allonemobius, Gryllus</i>
Chapulines	-	+	37, 38	<i>Melanoplus, Conocephalus</i>
<b>Girasol</b>				
Picudo de la semilla	-	+	39	<i>Smicronyx fulvus</i>
<b>Menta Piperita</b>				
Barrenador del rizoma	-	+	41,43	<i>Fumibotys fumalis</i>

- menos importante      + más importante

Cuadro 17. Incidencia de fitopatógenos e insectos en sorgo cultivado bajo dos sistemas de labranza.

Fitopatógenos	Labranza		Referencia No.	Nombre científico
	Tradicional	Conservación		
Pudriciones raíz*	+	-	20	Varios
Pudrición tallo*	+	-	7,17,18,20	<i>Fusarium moniliforme</i>
Cenicilla	-	+	107	<i>Peronosclerospora sorghi</i>
<b>Insectos</b>				
Mosquita**	=	=+	6	<i>Contarinia sorghicola</i>
Pulgón	=	=	106	<i>Schizaphis graminum</i>
Chinchilla	=	=	106	<i>Blissus leucopterus</i>

\*\* Zacate Johnson más abundante  
 = igual importancia  
 - menos importante  
 + más importante  
 =+ igual o más importante  
 \* Inoculum proviene de rastrojo infestado

Cuadro 18. Resultados de la encuesta en 25 estados (EE.UU) sobre los problemas actuales y futuros relacionados con los sistemas de labranza cero en la producción de maíz (Worsham, 1980).

Problema	Numero de veces citados			
	Actual	Futuro	Limitan expansión	Requieren más investigación
1. Control deficiente de malezas, sobre todo de perennes	25	24	16	15
2. Insectos nocivos	12	14	5	11
3. Fitopatógenos (enfermedades)	6	7	--	4
4. Roedores	4	4	--	1
5. Nemátodos	2	2	--	--
6. Babosas	1	--	1	--
7. Daño de aves	1	1	1	--
8. Toxinas producidas descomposición rastrojos	1	1	--	1
9. Carencia de variedades apropiadas	1	1	--	8
10. Nuevas rotaciones intensivas	--	--	--	7
11. Habilidad manejar sistemas, deficiente	5	5	11	--
12. Lenta substitución equipo siembra directa	--	--	12	--
13. Colocación y tipo de fertilizantes inadecuado	4	4	--	12
14. Tipo y frecuencia de labranza vs. tipo de suelo	--	--	--	5
15. Suelos no aptos	2	2	16	4

**Cuadro 19. Frecuencia relativa de filopatógenos (FP) e insectos nocivos (IN) en sistemas de labranza tradicional y de conservación en varios cultivos [literatura revisada (1970-1986)]**

	<i>Labranza</i>			
	<i>Tradicional</i>		<i>Conservación</i>	
	<i>FP.</i>	<i>IN.</i>	<i>FP.</i>	<i>IN.</i>
Algodonero	1	1	--	6
Vigna (rastrojo arroz)	1	3	1	1
Frijol	--	2	--	--
Hortalizas	--	--	5	--
Cacahuete	1	--	--	--
Col forraje	--	1	--	1
Alfalfa (en pasto)	--	--	--	3
Girasol	--	--	--	1
Menta				
Maíz	1	3	11	14
Sorgo	2	-	1	1
Soya	1	2	6	6
Trigo	4	4	7	1
Total	<u>12</u>	<u>16</u>	<u>31</u>	<u>35</u>

**Cuadro 20. Cambios en la incidencia de plagas desde sistemas que las propician a sistemas que las disminuyen.**

<i>De alta vulnerabilidad al complejo de plagas</i>	<i>a</i>	<i>Baja vulnerabilidad al complejo de plagas</i>
De variedades susceptibles / Variedades tolerantes	a	Vars. con res. unigénicas / Vars con res. poligénicas
De variedades de ciclo largo	a	Variedades de ciclo corto
De unicultivo continuo en tiempo y espacio	a	Rotación y/o asociación continua de cultivos en tiempo y espacio
De sistema de labranza permanente	a	Alternación de sistemas de labranza
De baja diversidad de flora y fauna	a	Mayor diversidad de flora y fauna
De ambiente favorable a plagas	a	Ambiente poco favorable a plagas

**Referencias  
generales sobre  
labranza de  
conservación y la  
incidencia de  
insectos nocivos  
y fitopatógenos**

1. Bailey, G.W. *et al* (1985). Environmental implications of conservation tillage: A system approach to conservation tillage. O'ITRI, F.M. (Ed.). Chelsea, Mich. (USA). Lewis Publishers. P. 239-265.
2. Fundacao Instituto Agronomico do Parana. Londrina, P.R. (1981). Plantio Direto no Estado de Parana. Circular IAPAR 23: Ocorrência e controle de pragas. Pags. 145-169. Ocorrência e controle de doenças. Pags. 171-191.
3. Hayes, W.A. (1982). Minimum tillage farming. Chapter 10, Controlling weeds, insects and diseases. Pags. 110-119. No-till Farmer, Inc., Brookfield, Wisconsin, USA.
4. Hinkle, M.K. (1985). Conservation vs. conventional tillage: ecological and environmental considerations. A systems approach to conservation tillage. O'ITRI, F.M. (Ed.). Chelsea, Mich. (USA). Lewis Publishers. P. 299-313.
5. Lundeen, R.W. (1985). Crop chemical delivery systems for the '80s: and beyond. *Agricultural Engineering*. 66(10):13-15.
6. Musick, G.J. (1985). Management of arthropod pests in conservation-tillage system in the southeastern U.S. Proceedings of the 1985 southern region no-till conference, Griffin, Georgia. Agricultural Experiment Stations, University of Georgia. P. 191-204.
7. Phillips, R.E. *et al* (1980). No-till research: Research reports and reviews. Chapter V, Pests and their control, pags. 55-75. Univ. of Kentucky, College of Agriculture and Agric. Exp. Sta., Lexington, USA.
8. Phillips, R.E., *et al* (Editors) (1984). No-tillage agriculture, principles and practices. Chapter 8, other pests in no-tillage and their control. Pags. 171-189. Van Nostrand Reinhold Company, N.Y., USA.
9. Triplett, G.B. (1976). The pro's and con's of minimum tillage in Corn. Proc. 31st. Ann. Corn and Sorghum Res. Conference. ASTA. Pags. 144-158.
10. Vez, A. (1977). Dix and d'experience de cultures sans labour. *Revue Suisse d'Agriculture*. 9(2):59-70.
11. Young, H.M. (1982). No-tillage farming. Chapter 14, No-till pest control. Pags. 188-197. No-till farmer, Inc., Brookfield, Wisconsin, USA.

---

**Referencias  
sobre labranza de  
conservación e  
insectos nocivos**

12. All, J.N. (1978). Insect relationship in no-tillage cropping. Southwestern No-till Systems Conference. Univ. of Georgia. Georgia Experiment Station. Pags. 17-19.
13. Gregory, W.W. and G.J. Musick. (1976). Insect management in reduced tillage systems. Bull. Ent. Soc. Am. 22(3):302-304.
14. Ruppel, R.F. *et al* (1985). Conservation tillage and insect control. A systems approach to conservation tillage. O'ITRI, F.M. (Ed.). Chelsea, Mich. (USA). Lewis Publishers. P. 137-143.
15. Van Rijn, P.J. (1983). Pests and their control in no-tillage crop production in the tropics. Pags. 86-101. No-tillage crop production in the tropics. Published by International Plant Protection Center, Oregon State Univ., Corvallis, OR., USA.

**Referencias  
sobre labranza de  
conservación y  
fitopatógenos**

16. Boosalis, M.G., and B. Doupnik. (1976). Management of crop diseases in reduced tillage systems. Bull. Ent. Soc. Am. 22(3):300-302.
17. Boosalis, M.G. *et al* (1981). Conservation tillage in relation to plant disease. CRC Handbook of pest management in agriculture (USA) Vol. 1, pags. 445-474.
18. Doupnik, B. *et al* (1980). Ecofallow - a reduced tillage system - and plant diseases. Plant Disease (formerly Plant Disease Reporter) 64(1):31-35.
19. Kirby, H.W. (1985). Conservation tillage and plant disease. A systems approach to conservation tillage. O'ITRI, F.M. (Ed.). Chelsea, Mich. (USA). Lewis Publishers. P. 131-135.
20. Summer, D.R., *et al* (1981) Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. Ann Rev. of Phytopathology (9):167-187.

**Algodonero  
(Insectos)**

21. Gaylor, M.J. *et al* (1984). Insect populations in cotton produced under conservation tillage. Jour. of soil and water conservation 39(1):61-64.
22. Crowder, L.A. (1976). Distribution in soil and spring moth emergence of the pink bollworm (*Pectinophora gossypiella*) related to various tillage practices. Env. Ent. 5(2):270-272.
23. Meisner, J., *et al* (1987). Antifeedant properties of herbicides against *Spodoptera littoralis* larvae (Lepidoptera: Noctuidae), with special reference to pronamidae. Jour. Econ. Ent. 80(4):724-727.
24. Roach, S.H. (1981). Emergence of overwintered *Heliothis* spp. moths from three different tillage systems. Environmental Entomology. 10(5):817-818.
25. Roach, S.H. (1981). Reduced - vs. conventional tillage practices in cotton and tobacco: a comparison of insect populations and yields in northeastern South Carolina, 1977-1979. Journ. Econ. Ent. 74(6):688-695.

26. Roach, S.H. *et al* (1984). An evaluation of three early maturing cotton cultivars for producing potential and insect damage in reduced- and conventional-tillage systems. *Jour. Agric. Ent.* 1(3): 249-255.

27. Summy, K.R. *et al* (1986). Control of boll weevils (*Coleoptera*; Curculionidae) through crop residue disposal: destruction of subtropical cotton under inclement conditions. *Journ. Econ. Ent.* 79(6): 1662-1665.

**Arroz -  
leguminosas de  
grano (insectos)**

28. Zafar, M.A. (1983). Effect of rice stubble on stem borer hibernation. *International Rice Research Newsletter* 8(6):16.

29. Litsinger, J.A. *et al* (1984). Rice stubble and straw mulch suppression of preflowering insect pests of cowpeas sown after puddled rice. *Environ. Ent.* 13(2):509-514.

30. Ruhendi; and Litsinger, J.A. (1982). Effect of rice stubble and tillage methods on the preflowering insects pests of grain legumes. *International Rice Research Institute. Pags.* 85-98.

**Arroz  
(fitopatógenos)**

31. Webster, R.K. *et al* (1976). Vertical distribution and survival of *Sclerotium oryzae* (stem rot of rice) under various tillage methods. *Phytopathology* 66(1):97-101.

**Cacahuete  
(fitopatógenos)**

32. Griffin, G.J. *et al* (1981). Influence of crop rotation and minimum tillage on the population of *Aspergillus flavus* group in peanut field soil. *Plant Disease* 65(11):898-900.

**Forrajeras  
(insectos)**

33. Barney, R.J. *et al* (1986). Ground beetle (*Coleoptera*: Carabidae) populations in Kentucky alfalfa and influence of tillage. *Jour. Econ. Ent.* 79(2):511-517.

34. Grant, J.F. *et al* (1982). Invertebrate organisms associated with alfalfa seedlings loss in complete-tillage and no-tillage plantings. *Journ. Econ. Ent.* 75(5):822-826.

35. Reed, H.E. *et al* (1981) Flea beetles attacking forage kale: effect of carbofuran and tillage methods. *Journ. Econ. Ent.* 74(3):334-337.

36. Rogers, D.D. *et al* (1985). Fall no-till seeding of alfalfa into tall fescue as influenced by time of seeding and grass and insect suppression. *Agronomy Journal* 77(1):150-157.

37. Rogers, D.D. *et al* (1985). Conventional and no-till establishment of ladino clover as influenced by time of seeding and insect and grass suppression. *Agronomy Journal* 77(4):531-538.

38. Rogers, D.D. *et al* (1983). Fall sod-seeding of ladino clover into tall fescue as influenced by time of seeding, and grass and insect suppression. *Agron. Jour.* 75(6):1041-1046.

- 
39. Geonalaske, J.V. *et al* (1984). Effect of tillage practices on the emergence of *Smicronyx fulvus* (Coleoptera: Curculionidae). *Jour. Econ. Ent.* 77(2):522-524.
- Hortalizas y otros (insectos)**
40. Finch, S. *et al* (1980). Mortality of overwintering pupae of the cabbage root fly (*Delia: brassicae*). *Journal of Applied Ecology.* 17(3):657-665.
41. Pike, K.S. *et al* (1982). Strip rotary tillage: a management method for reducing *Fumibotys fumalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in peppermint. *Journ. Econ. Ent.* 76(6):1136-1139.
- Hortalizas y otros (fitopatógenos)**
42. Sumner, D.R. *et al* (1986). Conservation tillage and vegetable diseases. *Plant Disease.* 70(10):906-911.
43. Talkington, M.L. and R.E. Berry. (1986). Influence of tillage in peppermint on *Fumibotys fumalis* (Lepidoptera: Pyralidae), common groundsel, *Senecio vulgaris*, and soil chemical components. *Jour. Econ. Ent.* 79(6):1590-1594.
- Leguminosas de grano (fitopatógenos)**
44. Miller, D.E. *et al* (1986). Reduction of fusarium root rot and sclerotinia wilt in beans with irrigation, tillage, and bean genotype. *Plant Disease* 70(2):163-166.
- Maíz (Insectos) general**
45. Carballo, V.M. (1979). Incidencia de plagas en maíz (*Zea mays L.*) bajo diferentes sistemas de manejo de malezas. Tesis. Centro Universitario del Atlántico, Guapiles, Costa Rica.
46. Clark, W.R. *et al* (1986). Crop damage by small mammals in no-till cornfields. *Journal of soil and water conservation.* 41(5):338-341.
47. Harrison, F.P. (1980). No till culture of sweet corn in Maryland with reference to insect pests. *Jour. Econ. Ent.* 73(3):363-365.
48. Kuhlman, D.E., and K.L. Steffey (1982). Insect control in no-till corn. *Proc. 37th Ann. Corn and Sorghum Res. Conference. ASTA.* Pags.118-147.
49. Mock, J.J. (1982). Breeding corn for no-till farming. *Proc. 37th Ann. corn and sorghum res. conference. ASTA.* Pags. 103-117.
50. Paniagua, B.O.A. (1982). Tipos de manejo del suelo y de insectos. Sus efectos e interacciones biológicas, económicas y energéticas sobre dos variedades de maíz (*Zea mays L.*) Tesis. Universidad de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Depto. Prod. Vegetal. Turrialba, Costa Rica.

**Maíz-frijol;  
(insectos) general**

51. Sánchez, E.J. (1987). Análisis de la entomofauna asociada al agroecosistema maíz-frijol bajo tres intensidades de labranza. Tesis. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

52. Stinner, B.R. *et al* (1986). Insecticide and tillage effects on pest and non-pest arthropods in corn agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 15(1):11-21.

53. Worsham, A.D. (1980). No-till corn- its outlook for the 80's. Proc. 35th Ann. Corn and Sorghum Res. Conference. ASTA. Pags. 146-163.

**Maíz (insectos y  
babosas) mosca  
de las semillas**

54. Hammond, R.B. and B.R. Stinner (1987). Seed corn maggots (Diptera: anthomyiidae) and slugs in conservation tillage systems in Ohio. *Jour. Econ. Ent.* 80(3):680-684.

**Maíz (insectos)  
cortadores**

55. Brust, G.E. *et al* (1985). Tillage and soil insecticide effects on predator-black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) interactions in corn agroecosystems. *Jour. Econ. Ent.* 78(6):1389-1392.

56. Foster, M.A. *et al* (1984). Influence of flowering weeds associated with reduced tillage in corn on a black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoid, *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck). *Environmental Entomology* 13(3):664-668.

57. Foster, M.A. *et al* (1986). Modeling black cutworm-parasitoid-weed interactions in reduced tillage corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 16(1):13-28.

58. Johnson, T.B. *et al* (1984). Effects of corn rotation, tillage, and weed management systems on black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation in corn. *Jour. Econ. Ent.* 77(4):919-921.

59. Levine, E. *et al* (1981). Agronomic practices influence black cutworm damage on corn. *Ohio Report on Research and Development*. 66(2):29-30.

**Maíz (insectos)  
diabrotica**

60. Felsot, A.S. *et al* (1987). Degradation of terbufos (counter) soil insecticide in corn fields under conservation tillage practices. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 38(3):369-376.

61. Gray, M.E. and J.J. Tollefson (1987). Influence of tillage and western and northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) egg populations on larval populations and root damage. *Jour. Econ. Ent.* 87(4):911-915.

62. Johnson, T.B. *et al* (1985). Northern and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) oviposition in corn as influenced by foxtail populations and tillage systems. *Jour. Econ. Ent.* 78(1):57-60.

63. Matteson, J.W. *et al* (1972). Control of northern and western corn rootworms, *Diabrotica longicornis* (Say) and *D. virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), corn yield data, and weed control afforded by certain tillage practices. *Jour. Kansas Ent.* 45(4):516-520.

---

64. Musick, G.J. *et al* (1971). Northern corn rootworm affected by tillage. Ohio Report on Research and Development in Agriculture, Home Economics, and Natural Resources. 56(6):88-91.

65. Shenk, M. *et al* (1984). Vegetation management systems and insect responses in the humid tropics of Costa Rica. Tropical Pest Management. 30(2):186-193.

66. Tyler, B.M.J. *et al* (1974). Adult emergence, oviposition and lodging damage of northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) under three tillage systems. Proceedings of the Entomological Society of Ontario. Pags. 86-89.

67. All, J.N. *et al* (1984). Southern corn billbug (Coleoptera: Curculionidae) and plant-parasitic nematodes: influence of no-tillage, coultter-in-row-chiseling, and insecticides on severity of damage to corn. Jour. Econ. Ent. 77(1):178-182.

**Maíz (Insectos)  
plucudos y gallina  
ciega**

68. David, A.M. *et al* (1986). The influence of cultural treatments on feeding damage of southern corn billbug (Coleoptera: Curculionidae) to corn. Jour. Ent. Science 21(3):276-282.

69. Rivers, R.L. *et al* (1977). Influence of insecticides and corn tillage systems on larval control of *Phyllophaga anxia*. Jour. Econ. Ent. 70(6):794-796.

**Maíz (Insectos)  
cogollero**

70. Clough, G.H. *et al* (1980). Sweet corn budworm damage as affected by tillage. Procc. Ann. Meeting Florida State Horticultural Society. 93:251-253.

**Maíz (Insectos)  
barrenadores**

71. All, J.N. *et al* (1977). Detrimental impact of no-tillage corn cropping systems involving insecticides, hybrids, and irrigation on lesser cornstalk borer infestations. Jour. Econ. Ent. 70(3):361-365.

72. All, J.N. *et al* (1979). Influence of planting date, preplanting weed control, irrigation, and conservation tillage practices on efficacy of planting time insecticide applications for control of lesser corn stalk borer in field corn. Jour. Econ. Ent. 72(2):265-268.

73. Archer, T.L. *et al* (1983). Winter management of the southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae), using several cultural practices on different dates. Jour. Econ. Ent. 76(4):872-876.

74. Cheshire, J.M. *et al* (1979). Feeding behaviour of lesser cornstalk borer larvae in simultaneous of no-tillage, mulched conventional tillage, and conventional tillage corn cropping systems. Environmental Entomology. 8(2):261-264.

75. Daniels, N.E. (1978). Insecticidal and cultural control of the southwestern corn borer. Southwestern Entomologist 3(4):308-314.

76. Daniels, N.E. *et al* (1980). Southwestern corn borer (*Diatraea grandiosella*) populations as affected by weather and tillage. MP Texas Agric. Exp. Sta. No. 1456.

**Maíz  
(fitopatógenos)**

77. Lawani, S.M. (1982). A review of the effects of various agronomic practices on cereal stem borer populations. *Tropical Pest Management*. 28(3):266-276.
78. Stinner, B.R. et al (1984). Some observations on ecology of the stalk borer (*Papaipema nebris* (Gn.): Noctuidae) in no-tillage corn agroecosystems. *Journal of the Georgia Entomological Society* 19(2):229-234.
79. Umeozor, O.C. et al (1985). Comparison of the effect of minimum-tillage treatments on the overwintering emergence of European corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) in cornfields. *Jour. Econ. Ent.* 78(4):937-939.
80. Walters, M.C. (1975). Evolution in tillage techniques and impact on entomological research, with special reference to the maize stalkborer, *Busseola fusca* (Fuller). Entomological Society of Southern Africa, Pretoria, South Africa.
81. All, J.N. et al (1977). Influence of no-tillage-cropping, carbofuran, and hybrid resistance on dynamics of maize chlorotic dwarf and maize dwarf mosaic diseases of corn. *Jour. Econ. Ent.* 70(2):221-225.
82. Burns, E.E. et al (1973). Observation of *Physoderma maydis* in Illinois: effects of tillage practices in field corn. *Plant Disease Reporter* 57(8):630-633.
83. Byrnes, K.J. et al (1986). Fungi causing stalk rot of conventional-tillage and no-tillage corn in Delaware. *Plant Disease* 70(3):238-239.
84. Nyall, R.F. (1981). What's the potential of disease incidence of corn in conservation tillage. *Proc. 36th Ann. Corn and Sorghum Res. Conference. ASTA.* Pags. 159-175.
85. Osunlaja, S.O. (1983). Effect of tillage on the control of *Physoderma* brown spot disease of maize in south-west Nigeria. *Plant and Soil (Netherlands)* 72(1):73-76.
86. Payne, G.a. et al (1986). Reduction of aflatoxin contamination in corn by irrigation and tillage. *Phytopathology* 76(7):679-684.
87. Ruhendi; and Litsinger, J.A. (1979). Insect-suppressing effect of rice stubble height, tillage practices, and straw mulch in a wetland rice-cowpea cropping pattern. *International Rice Research Newsletter* 4(3):26-27.
88. Sarasola, A.A. et al (1977). Predisposición del maíz a roya (*Puccinia sorghi*) en relación con sistemas de labranza. *Fitopatología* 12(2):82-86.
89. Stromberg, E.L., et al (1986). Hybrid performance and yield losses associated with gray leaf spot disease. *Proc. 38th Ann. Corn and Sorghum Res. Conference. ASTA.* Pags. 92-105.
90. Summer, D.R. et al (1974). Influence of tillage, planting date, inoculum survival and mixed populations on epidemiology of southern corn leaf blight. *Phytopathology* 64(2):168-173.

---

**Soya (Insectos  
y fitopatógenos)**

91. White, D.G. *et al* (1980). Conservation tillage and corn diseases. Crop production with conservation in the 80's ASAE Publication 7-81. Pags. 164-166.
92. Ferguson, H.J. *et al* (1984). Effect of four soybean cropping systems on the abundance of foliage-inhabiting insect predators. *Environmental Entomology*. 13(4):1105-1112.
93. Funderburk, J.E. *et al* (1983). Seedcorn maggot (Diptera: Anthomyiidae) emergence in conventional and reduced-tillage soybean systems in Iowa. *Jour. Econ. Ent.* 76(1):131-134.
94. Hammond, R.B. *et al* (1985). Influence of tillage practices on soil-insect population dynamics in soybean. *World Soybean Research Conference III: Proceedings*. Shibles, R. (Ed.). Boulder, Colo. Pags. 659-666.
95. House, G.J. *et al* (1983). Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: community composition and ecosystem interactions. *Environmental Management* 7(1):23-28.
96. Pitre, H.N. (1985). Ecological effects of double-cropping on soybean insect populations. *World Soybean Research Conference III: Proceedings*, Shibles, R. (Ed.). Boulder, Colo. Westview Press. P. 667-673.
97. Sloderbeck, P.E. and C.R. Edwards (1979). Effects of soybean cropping practices on mexican bean beetle and redlegged grasshopper populations. *Jour. Econ. Ent.* 72(6):850-853.
98. Sloderbeck, P.E. *et al* (1983). Green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae) populations in conventional and double-crop, no-till soybeans. *Jour. Econ. Ent.* 76(4):785-791.
99. Thorvilson, H.G. *et al* (1985). *Plathypena scabra* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) populations and the incidence of natural enemies in four soybean tillage systems. *Jour. Econ. Ent.* 78(1):213-218.
100. Troxclair, N.N. (1984). Influence of tillage practices and row spacing on soybean insect populations in Louisiana. *Jour. Econ. Ent.* 77(6):1571-1579.
101. Corriveau, J.L. *et al* (1984). Reduced nodule number on soybean roots associated with water stress caused by *Fusarium* wilt and tillage. *Canadian Journal of Plant Pathology* 6(3):221-223.
102. Rothrock, C.S. *et al* (1985). Effects of tillage and cropping system on incidence and severity of southern stem canker of soybean. *Phytopathology* 75(10):1156-1159.
103. Ploetz, R.C. *et al* (1985). Population dynamics of soilborne fungi in a field multicropped to rye and soybeans under reduced tillage in Florida. *Phytopathology* 75(12):1447-1451.

**Sorgo (Insectos y fitopatógenos)**

104. Burton, R.L., et al (1987). Damage by greenbug (Homoptera: Aphididae) to grain sorghum as affected by tillage, surface residues, and canopy. Jour. Econ. Ent. 80(4):792-798.

105. Gardner, W.A. et al (1985). Cover-crop effects on billbug damage to seedling corn and sorghum in conservation-tillage systems. Proceedings of the 1985 southern region no-till conference, Griffin, Georgia. Agricultural Experiment Stations, University of Georgia. Pags. 205-207.

106. Wilde, et al (1986). Tillage, cropping, and insecticide use practice: effects on efficacy of planting time treatments for controlling greenbug (Homoptera: Aphididae) and chinch bug (Heteroptera: Lygaeidae) in seedling sorghum. Jour. Econ. Ent. 79(5):1364-1365.

107. Janke, G.D. et al (1983). Effects of deep tillage and roguing of diseased plants on oospore populations of *Pseudosclerospora sorghi* in soil and on incidence of downy mildew in grain sorghum. Phytopathology 73(12):1674-1678.

**Trigo-Avena-Cebada (Insectos)**

108. Burton, R.L. et al (1985). Reduction of greenbug (Homoptera: Aphididae) populations by surface residues in wheat tillage studies. Jour. Econ. Ent. 78(2):390-394.

109. Emmanuel, N. et al (1985). The soil Acari of barley plots with different cultural treatments. Experimental and Applied Acarology 1(2):101-113.

110. Leibee, G.L. et al (1979). Influence of tillage on survivorship of cereal leaf beetle and its larval parasites, *Tetrastichus julis* and *Lemophagus curtus*. Environmental Entomology 8(3):458-486.

**Trigo (fitopatógenos)**

111. Anónimo (1984). New disease found in no-tillage wheat, barley. Crops and Soils Magazine (USA). 37(1):26.

112. Hermann, T. et al (1985). Influence of cultural practices on incidence of foot rot in winter wheat. Plant Disease 69(11):948-950.

113. Moore, K.J. et al (1984). Increased take-all of wheat with direct drilling in the Pacific Northwest. Phytopathology 74(9):1044-1049.

114. Ploetz, R.C. et al (1985). Characterization and pathogenicity of rhizoctonia species from a reduced-tillage experiment multicropped to rye and soybean in Florida. Phytopathology 75(7):833-839.

115. Reis, E.N. (1983). Effect of tillage and wheat residue management of the vertical distribution and inoculum density of *Cochliobolus sativus* in soil. Plant Disease 67(10):1988-1989.

116. Rovira, A.D. (1986). Influence of crop rotation and tillage on Rhizoctonia bare patch of wheat. Phytopathology 76(7):669-673.

- 
117. Rothrock, C.S. (1986). Effect of tillage on take-all of wheat. Proceedings of the 1985 southern region no-till conference. Griffin, Georgia. Agricultural Experiment Stations, University of Georgia. pags. 211-214.
118. Rush, C.M. *et al* (1986). Effects of wheat chaff and tillage on inoculum density of *Phythium ultimum* in the Pacific Northwest. *Phytopathology* 76(12):1330-1332.
119. Weller, D.M. *et al* (1986). Rhizoctonia root of small grains favored by reduced tillage in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 70(1):70-73.
120. Yarham, D.J. (1975). The effect of non-ploughing on cereal diseases. *Outlook on Agriculture*. 8 (SpecialNo.):245-247.
- Nematodos**
121. Baird, S.M. *et al* (1984). Nematode population and community dynamics in soybean-wheat cropping and tillage regimes. *Jour. of Nematology* 16(4):379-386.
122. Bergeson, G.B. *et al* (1986). Influence of tillage methods on *Pratylenchis* spp. in two soil types. *Plant Disease* 70(4):326-328.
123. Caveness, F.E. (1974). Plant-parasitic nematode population differences under no-tillage and tillage soil regimes in western Nigeria. *Journal of Nematology* 6(4):138.
124. Caveness, F.E. (1979). Nematode populations under a no-tillage soil management regime. *Soil tillage and crop production. (Proc. Series No. 2 Internat. Inst. Trop. Agric.)* (Edited by: Lal, R.). Pags. 133-145. Ibadan, Nigeria.
125. Minton, N.A. (1986). Impact of conservation tillage on nematode populations. *Journal of Nematology* 18(2):135-140.
126. Parmelee, R.W. *et al* (1986). Nematode tropic structure in conventional and no-tillage agroecosystems. *Journal of Nematology* 18(3):403-407.
127. Stinner, B.R. *et al* (1982). Nematodes in no-tillage agroecosystems. *Nematodes in soil ecosystems. (Edited by: Freckman, D.W.; Wallwork, J.A.)*. Austin, Texas, USA; University of Texas Press. Pags. 14-28.
128. Smolik, J.D. (1979) Effects of tillage practices on nematode populations associated with corn and spring wheat. *Proceedings of the North Dakota Academy of Science* 33:10.
129. Thomas, S.H. (1978). Population densities of nematodes under seven tillage regimes. *Journal of Nematology* 10(1):24-27.
130. Thurlow, D.L. *et al* (1985). Influence of tillage and crop rotation on soybean yields and cyst nematode population. Proceedings of the 1985 southern region no-till conference. Griffin, Georgia. Agricultural Experiment Stations, University of Georgia. Pags. 45-47.

**Referencias  
adicionales**

131. Tyler, D.D. (1983). Tillage effects on soil properties, diseases, cyst nematodes, and soybean yields. *Journal of Soil and Water Conservation* 38(4):374-376.
132. Burges, H.D., and N.W. Hussey (Eds) (1971). *Microbial control of insects and mites*. Academic Press, Inc., New York 720 pp.
133. Oka, I.N., and D. Pimentel (1976). Herbicide (2, 4-D) increases insect and pathogen pests on corn. *Science* 193:239-240.
134. Hartman, R.P. et al (1983). Effects of tillage systems on corn stalk rot. *Phytopathology* 73(5):843.
135. Tayler, B.M., et al (1979). Ground beetles in three tillage plots in Ontario and observations on their importance as predators of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Proc. Ent. Soc. of Ontario* 110:65-73.
136. Lipps, P.E. (1983). Survival of *Colletotrichum graminicola* in infested corn residues in Ohio. *Plant Disease* 67(1):102-104.
137. Payne, G.A., et al (1983). Overwintering and spore release of *Cercospora zea-maydis* in corn debris in North Carolina. *Plant Disease* 67(1):87-89.
138. Cook, R.J., et al (1980). Evidence of *Phythium* as a pathogen of direct-drilled wheat in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 64:102-103.
139. Pependick, R.L., P.A. Sanchez, and G.B. Triplett (Eds.) 1977. *Multiple cropping*. ASA, Special Publication Number 27.



# Control de malezas en maíz: Experiencias del CIMMYT en la labranza de conservación en el trópico bajo de Veracruz, México

A.D.Viollic, A.F.E.Palmer y F.Kocher

## Introducción

Malezas, insectos y enfermedades son tres factores que pueden ocasionar una pérdida total de la producción del maíz. En la mayor parte de los casos, las pérdidas de rendimiento por malezas sobrepasan a aquellas ocasionadas por la combinación de insectos y enfermedades. Sin embargo, la apreciación del daño causado por malezas es más difícil, por cuanto éste se observa muy tarde en el ciclo de desarrollo del maíz, cuando las malezas ya han competido por luz, agua y nutrientes durante los períodos críticos del cultivo, reduciendo sustancialmente los rendimientos. A los tres tipos de competencia mencionados, debe agregarse la competencia de tipo bioquímico (alelopatía) que ejercen algunas malezas sobre el maíz (*Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylum*, *Bidens pilosa*, etc.) que al liberar algunas sustancias en el suelo, afectan la absorción de minerales por el cultivo, haciendo que en muchos casos, su rendimiento llegue a cero. Sin embargo, a veces, las malezas pueden aportar algún beneficio, como es el de ayudar a controlar la erosión por viento y agua, principalmente en suelos con pendiente. Las malezas bien manejadas en sistemas de labranza de conservación, pueden alcanzar gran importancia como mantillo. Son conocidos los distintos métodos generales de control de malezas, destacándose los siguientes:

### ■ **Prevención**

Mediante leyes de cuarentena y certificación de semillas y de buenas prácticas de manejo (uso de equipos de labranza limpios, rotación de cultivos, aplicación de estiércol bien descompuesto, etc.);

### ■ **Erradicación**

La eliminación completa de una o más especies de malezas de una localidad. Esto sólo es posible en viveros, invernaderos y, en general, en pequeñas superficies; y

### ■ **Control**

Son muchos los métodos, siendo los principales:

**Mecánico y cultural**--Labranza, uso de toda clase de implementos manuales, como machetes y azadones y mecánicos para la destrucción física de las malezas.

**Biológico**--Uso de enemigos naturales para el control de malezas específicas (Hierba de San Juan, Orobanche, etc.) con insectos u otros organismos fitófagos.

**Químico**--Mediante productos químicos: herbicidas. Aunque se conocen desde 1900, alcanzaron niveles científicos en 1944 con el descubrimiento del 2,4-D. Hoy existen más de 180 productos químicos que se expenden bajo miles de nombres comerciales. Por ejemplo: atrazina (nombre común) = Gesaprim, Aatrex, y decenas más de (nombres comerciales) = 2- cloro -4 etilamino -6 isopropilamino - S-triazina (nombre químico). Para el 2,4,-D, existen más de 400 nombres comerciales. Prácticamente, todos los herbicidas modernos son compuestos orgánicos que eventualmente se desdoblán en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Cl, Br, etc. Son relativamente poco tóxicos para el hombre y animales. Cuando se ingieren, son generalmente menos tóxicos que la aspirina (a igual cantidad) aunque hay excepciones, como el arsenito de sodio, el paraquat, etc. En este último caso, si

---

equivocadamente se toma una sorbo de Gramoxone y se escupe todo de inmediato, se absorberá lo suficiente como para causar la muerte de la persona, lo que puede ocurrir a las 2-3 semanas, pues no hay antídoto conocido contra este herbicida. El uso de herbicidas es un asunto delicado, pues solamente son seguros y alcanzan su objetivo cuando se aplican en forma apropiada; su uso incorrecto puede significar pérdidas económicas severas. El uso incorrecto incluye:

- Aplicación del herbicida que no corresponde al caso
- Aplicación de una dosis no apropiada (demasiado o muy poco)
- Aplicación a destiempo, con respecto al cultivo, a las malezas o a ambos (por ejemplo: posemergente en vez de premergente)
- Mala coincidencia de aplicación con respecto al desarrollo de las malezas
- Mala calibración del equipo
- Uso de agua con arcilla en suspensión (en el caso de paraquat)
- Uso de agente humectante - adherente no apropiado, etc.

Para emplear herbicidas con éxito, se requiere examinar el espectro de malezas que se desea controlar. Aunque lo ideal sería conocer la clasificación botánica de las mismas (familia, género y especie) esto, por lo general, es difícil debido a la carencia de claves apropiadas para la identificación de plantas.

Considerando que los herbicidas, por su modo de acción se clasifican de acuerdo con el tipo de malezas que controlan (de hoja ancha u hoja angosta), según su forma de actuar (de contacto, de translocación o residuales), además de otras formas de clasificarlos, interesa saber si las malezas son:

- a) Anuales, bianuales o perennes
- b) Leñosas o herbáceas
- c) Entre las herbáceas: de hoja ancha, hoja angosta (zacates), o ciperáceas
- d) En algunos casos, también interesa saber si se transmiten en forma sexual (semillas) o asexual (bulbos, cornos, raíces, rizomas, estolones, tubérculos, etc.) o por vía sexual y asexual. Este conocimiento permitirá elegir el o los herbicidas apropiados, los que podrían ser:
  1. De pre-siembra, pre-emergencia o post-emergencia
  2. De contacto, translocación o residuales

Las malezas son, por lo general, especies difíciles de controlar porque:

- Son prolíficas: por lo general, producen entre 500 y 200, 000 o más semillas por planta. (*Artemisa biennis* produce más de un millón de semillas)
- Sobreviven en condiciones mucho más adversas que los cultivos
- Poseen sistemas muy efectivos de dispersión
- Poseen germinación retardada (latencia), que en algunos casos le permiten permanecer en el perfil del suelo, esperando condiciones favorables, hasta por más de 40 años

En el área del trópico bajo de Poza Rica/Tuxpan, es prácticamente imposible que los agricultores puedan efectuar un control de malezas mecánico oportuno (con azadón o cultivadora) en maíz porque:

- Las malezas crecen muy rápido
- Las lluvias impiden cultivar a tiempo
- La siembra tradicional no permite un cultivo mecanizado eficiente.
- Las variedades modernas son por lo general malas competidoras ante la presencia de malezas extremadamente altas y agresivas
- El control manual es lento (alrededor de 15 días-hombre/ha)

La razón principal por la cual el rendimiento del maíz difícilmente alcanza a promediar 1 ton/ha es la competencia por malezas. Tan pronto se logra un control adecuado y oportuno, el rendimiento sube, en promedio, a más de 3 ton/ha, aun con las variedades criollas.

***Por lo tanto, si se quiere elevar la producción de maíz en Poza Rica o áreas similares, es indispensable recurrir al uso de herbicidas.***

Desafortunadamente, no existe un herbicida ideal, esto es que a la vez sea: rápido, no tenga actividad en el suelo, sea de amplio espectro (contra malezas de hoja ancha y angosta), y que a la vez sea barato.

De acuerdo con un gran número de experimentos realizados en campos de agricultores en el área de Poza Rica/Tuxpan por el programa de capacitación en investigación en producción de maíz del CIMMYT durante 16 ciclos, la labranza de conservación, con el uso de herbicidas, ha demostrado presentar muchas ventajas sobre el sistema tradicional en cuanto a costo, conservación de suelo y agua, estabilidad del rendimiento y reducción del riesgo. Durante este período, se han probado muchos herbicidas, solos o en combinación, dosis y métodos de aplicación, y se ha logrado identificar algunas combinaciones para situaciones específicas.

---

El área del estudio presenta una altura inferior a los 200 m.s.n.m. y está a una latitud de 21 grados N. La caída pluviométrica de 1,200 mm anuales, permite producir dos ciclos de maíz, aunque se presentan años muy lluviosos y años de sequía, con los correspondientes problemas de capas freáticas muy altas o de períodos prolongados de falta de lluvia. La oportunidad para efectuar las operaciones de labranza y cultivo para el control de malezas en el área, caracterizada por la predominancia de suelos vertisoles, presenta serios problemas a los agricultores, los que se ven agravados por el hecho de que en la mayoría de los casos, la maquinaria es arrendada, por lo que muy pocas veces ésta se encuentra disponible en el momento oportuno.

Los métodos más comunes de preparación del suelo para la producción del maíz consisten de una labor de arado, seguida de una o dos pasadas de rastra de discos, y a veces, surcado. Por lo general, el rastrojo del cultivo anterior se corta previamente con machete o azadón. La labranza es más común en los suelos planos. En las pendientes es corriente "afeltar" la vegetación residual con machete o azadón, en cuyo caso, los agricultores manejan el mantillo de diversas maneras: algunos lo queman, pero otros lo acomodan entre pares alternados de hileras de maíz, o lo distribuyen uniformemente sobre el campo. Así, algunos agricultores están usando labranza convencional, otros usan labranza cero sin mantillo, mientras que otros emplean labranza de conservación. Sin embargo, con sólo unas pocas excepciones, el uso de herbicidas no constituyen una práctica en ninguno de estos sistemas. En aquellos pocos casos en que se usan herbicidas, por lo general, los agricultores emplean el producto que no corresponde, en dosis y época de aplicación no adecuadas, con resultados deficientes. Por eso, los agricultores deben confiar en el sombreado o efectos alelopáticos del mantillo y/o recurrir al uso del azadón para controlar las malezas.

El desmalezamiento con azadón es el método más común para controlar las hierbas, pues se estima que sólo un tercio de los agricultores usan la cultivadora de tracción animal. Casi la totalidad del maíz del área se siembra con espeque. Debido a la competencia por mano de obra que ejerce la industria del petróleo en esta área, es difícil contratar oportunamente el personal necesario para las labores de desmalezamiento. Así, es común, que un agricultor tenga que desmalezar a mano, sin ayuda, una o dos hectáreas de maíz, tomando esta labor alrededor de 15 días-hombre por hectárea. Por consecuencia, este trabajo se realiza muy a destiempo, con resultados muy pobres, sobre todo si se considera que las lluvias hacen que esta labor se interrumpa a menudo, aumentando considerablemente el número de días necesarios para limpiar cada hectárea. Tomando en cuenta todos estos factores, la unidad de capacitación del CIMMYT, probando herbicidas, dosis, métodos de manejo de residuos, métodos de siembra, fertilización, etc. durante varios ciclos, desarrolló un sistema muy eficiente de labranza cero para el trópico bajo. El sistema es adecuado tanto para agricultores que siembran con espeque y usan bombas aspersoras de mochila, como para agricultores que pueden mecanizar su siembra y la aplicación de herbicidas. Se trata, en realidad de un sistema de labranza de conservación pues conserva suelo, agua y energía.

El crecimiento de las malezas en el área es muy vigoroso, y éstas constituyen el factor agronómico que más limita la producción. La mayoría de los agricultores no pueden controlar las malezas en forma adecuada con medios mecánicos, excepto en áreas pequeñas. La experiencia y los resultados de la investigación indican que la única forma eficiente de controlar las malezas en maíz es por medio de herbicidas, tanto en sistemas de labranza convencional como bajo labranza de cero. Las malezas más comunes en los campos de maíz de la zona se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Principales malezas encontradas en los campos de maíz en la zona de Poza Rica/Tuxpan, Veracruz.**

<i>Tipos de malezas</i>		<i>Género y especie</i>	<i>Nombre común</i>
<b>HOJA ANCHA</b>			
Anuales		<i>Bidens pilosa</i>	Mozote, Amor Seco
		<i>Melampodium sp.</i>	Rosa Amarilla, Mozote
		<i>Parthenium hysterophorus</i>	Chuchiyate, Hierba amargosa,
Perennes		<i>Physalis ixocarpa</i>	Tomatillo
		<i>Amaranthus sp.</i>	Quelite, Bledo
		<i>Oxalis tuberosa</i>	Oxalis
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Gloria de la Mañana
		<i>Ipomea sp.</i> <i>Commelina sp.</i>	Correhuela Manto
<b>HOJA ANGOSTA</b>			
Anuales		<i>Echinochloa colonum</i>	Pasto de Cosecha
		<i>Andropogon sp.</i>	Zacata de Agua, Zacate Pinto
Perennes		<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto Bermuda
		<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson
<b>CIPERACEAS.</b>		<i>Cyperus rotundus</i>	Coquillo
<b>LEÑOSAS</b>			Varios

## **Métodos desarrollados**

Bajo sistemas de labranza convencional con cama de semilla limpia y bien preparada, se ha encontrado que 1.7 kg/ha de atrazina (3.4 kg/ha de Gesaprim 50) o 0.625 kg/ha de Atrazina más 0.625 kg/ha de terbutrina (2.5 kg/ha de Gesaprim Combi) en 400 litros de agua por hectárea, dan un control de malezas satisfactorio.

En labranza de conservación, para las clases de malezas que se indican, se han usado con éxito las combinaciones siguientes:

### ■ **Caso de malezas anuales de hoja ancha y gramíneas**

0.4 kg/ha de paraquat aplicado como 2 litros/ha de Gramoxone (20%) en 400 l de agua, más un agente humectante no iónico, junto con 1 kg/ha de atrazina (aplicada como 2 kg/ha de Gesaprim-50 o Gesaprim-500 FW) inmediatamente después de la siembra. Si las malezas tienen más de 30 cm de altura, deben chapearse para dejarlas de unos 30 cm. En los casos en que se presenta Parthenium hysterophorus en etapa de floración, el paraquat no lo controla en forma efectiva. En estas circunstancias se ha encontrado que la adición de 1 l/ha de 2,4-D a esta mezcla de tanque, permite su control.

### ■ **Caso de presencia predominante de pastos perennes**

Se ha usado, con mucho éxito 0.72-1.08 kg/ha de glifosato (2-3 l/ha de Faena), en lugar de paraquat, junto con la misma dosis anterior de atrazina, aplicado inmediatamente después de la siembra del maíz. El glifosato también ha funcionado bien cuando las malezas tienen más de 30 cm de altura, sin tener que chapearlas como en el caso anterior. Sin embargo, como la acción del glifosato es lenta, y las malezas tardan en secarse, en el caso de malezas muy altas, que producen sombreado, se ha notado cierta etiolación de las plántulas de maíz en sus primeros estados de desarrollo. El glifosato tiene la ventaja de matar prácticamente todas las malezas, mientras que el paraquat solamente mata las partes verdes de las malezas perennes, las que posteriormente vuelven a brotar. También su manejo es más seguro que el del paraquat, pero tiene la desventaja de ser mucho más caro.

### ■ **Caso de malezas de hoja ancha anuales y perennes**

Se ha usado en forma satisfactoria 0.288 kg/ha de dicamba (en forma de 600 ml/ha de Banvel 480) más 1 kg/ha de atrazina. En los casos en que no se usa atrazina, y las malezas de hoja ancha constituyen un problema, o donde las malezas perennes de hoja ancha tales como Convolvulus no son controladas con atrazina, se ha usado con éxito 2,4-D (1 l/ha) hasta la etapa en que el maíz ha desarrollado 4 hojas, o Dicamba (600 ml/ha de Banvel 480) hasta la etapa en que el maíz alcanza 30 cm de altura. Después de esta etapa, y hasta la emergencia de la panoja masculina, se puede aplicar dicamba como aspersión dirigida a las malezas, tratando de no mojar el maíz. El dicamba se encuentra a nivel comercial en México desde hace muy poco tiempo y parece ser efectivo para el control de la mayoría de malezas de hoja ancha, especialmente cuando las malezas, están aún pequeñas.

Cuando el problema sólo se circunscribe a malezas de hoja ancha, el dicamba se

puede usar exclusivamente como herbicida de postemergencia, sin atrazina, lo que puede constituir una verdadera ventaja en aquellos casos en que el maíz esté en un sistema de rotación con especies susceptibles a este último herbicida.

■ **Caso de manchas de gramíneas perennes o especies leñosas**

En estos casos se tratan con glifosato por lo menos una semana antes de chapear el campo o de aplicar un herbicida de contacto.

Todos los herbicidas mencionados hasta aquí, se han aplicado con bombas de mochila, usando 400 l/ha de agua por ha. La aplicación de paraquat o glifosato con atrazina, inmediatamente después de la siembra, se puede también efectuar con aspersora de aguilón montada sobre un tractor. Aunque la aplicación del glifosato se puede hacer con aspersoras de ultra bajo volumen, la experiencia ha demostrado que éstas son de difícil mantenimiento por parte de los agricultores. El uso de aspersoras de este tipo puede ser más peligroso para la salud que el uso de aspersoras de mochila, sobre todo en caso de usar paraquat, debido a la alta concentración del herbicida y a la dificultad de poder ver la niebla del producto por el tamaño pequeño de las gotas.

Una de las razones principales por las cuales se requiere de dosis mucho menores de atrazina en labranza de conservación que en labranza convencional, parece ser la menor superficie de suelo por ha que presenta un terreno no labrado.

En el caso del paraquat, no puede dejar de enfatizarse la importancia de usar un surfactante no-iónico y agua limpia (sin arcilla), para evitar la inactivación del herbicida. En México como en países de América Central, se ha tenido que aumentar la cantidad de paraquat hasta 6 l/ha de producto comercial debido a la combinación de este herbicida con surfactantes aniónicos y/o agua sucia.

Aún con niveles de mantillo de hasta 8 ton/ha (residuos de cultivos previos de maíz), la dosis anterior de 1 kg/ha de atrazina ha dado consistentemente un control de malezas excelente. Muchas personas que han visitado los ensayos del CIMMYT en el área, creen que la aspersión de atrazina sobre el colchón de mantillo impide la aplicación de una película continua de este herbicida sobre la superficie del suelo. Sin embargo, esto no parece ser un problema ya sea porque el herbicida baja al suelo lavado por las lluvias y/o porque el mantillo mismo inhibe la germinación de las malezas como consecuencia del sombreado o por efectos alelopáticos.

Un elemento clave en el manejo de la labranza de conservación es la flexibilidad. En primer lugar, antes de sembrar, debe decidirse acerca del producto químico a usar y método de chapear la vegetación existente según sean las malezas presentes y su estado de desarrollo. Luego, durante las primeras etapas del desarrollo del cultivo, en caso de observar un control de malezas deficiente, se deben tomar acciones correctivas de inmediato. Por ejemplo, puede que sea necesario aplicar dicamba para el control de malezas perennes de hoja ancha que hayan crecido junto con el maíz. O puede ser necesario usar aplicaciones dirigida

---

de paraquat (180 ml/ha en 200 l de agua) entre las hileras de maíz, usando un protector plástico alrededor de una boquilla de tipo gran angular (12002 o aún de ángulo mayor), para evitar mojar las plantas de maíz con este herbicida de contacto. Si las malezas se presentan en manchas, el Paraquat debe aplicarse solamente donde las malezas estén presentes. Por eso, es riesgoso usar un tratamiento de herbicida planificado a priori sin mantener la flexibilidad de hacer "retoques" donde sea necesario, cuando el tratamiento original de herbicidas no funcione a la perfección por cualquiera que sea la razón. Así, debe de considerarse la labranza de conservación, como una tecnología de manejo intensivo, que requiere ajustes oportunos, cuando llegue el caso.

### **Algunas características y modo de acción de los herbicidas usados**

#### ■ **2,4-D (ácido 2,4-dicloro-fenoxiacético)**

Es un regulador de crecimiento, que induce respuestas en las plantas en lugares distantes del punto de aplicación, simulando la acción de hormonas. Se usa principalmente para el control de malezas de hoja ancha. Se absorbe fácilmente por el follaje y raíces y tiende a acumularse en los puntos de crecimiento de las plantas. Entre los efectos visuales, como resultado de su aplicación, se observa: epinastía (curvatura de los tallos debido a respuestas diferenciales en el crecimiento) y ondularamiento de las hojas de gramíneas, inhibición del desarrollo de yemas laterales, proliferación de raíces aéreas y tallos quebradizos en maíz.

El 2,4-D afecta la síntesis del ADN, ARN y de las proteínas, causa elongación de las células del parénquima alrededor del floema, dificultando el movimiento de los carbohidratos en estos vasos. También aumenta la tasa de respiración y disminuye la absorción de agua por las raíces.

La selectividad del 2,4-D, al matar plantas de hoja ancha y no afectar significativamente a las plantas de hoja angosta, se debe en parte a la diferenciación en estructuras que existe entre ellas. En las primeras, se destruye el floema debido a la proliferación de tejido anormal; en las segundas, el floema está protegido debido a que está rodeado por células del parénquima, con paredes gruesas. Además, la translocación y la retención del 2,4-D son también mayores en las plantas de hoja ancha. Por otra parte, el metabolismo de este herbicida es generalmente más rápido en las gramíneas.

A modo de precaución, cuando el 2,4-D se usa como herbicida de post-emergencia en maíz, es preferible usar la forma amina que la éster, pues esta última, tiene una mayor penetración cuticular y, por lo tanto, mayor toxicidad para este cereal. Además, algunos ésteres son muy volátiles, pudiendo afectar a cultivos vecinos susceptibles. Si se asperja después de que el maíz ha desarrollado la cuarta hoja, la aplicación deberá ser dirigida, tratando de no mojar las hojas superiores del maíz.

Usando dosis normales, la actividad del 2,4-D en el suelo se pierde a las 2-5 semanas debido a la acción de microorganismos del suelo. La dosis letal (DL50 en ratas adultas) es de 500 mg/kg de peso. A modo de comparación, la DL50 para la aspirina es de 750 mg/kg de peso. Las formas comerciales más conocidas de 2,4-D amina en México son: Hierbamina y Estamine.

■ **Dicamba (Acido 2-Metoxi - 3,6-Diclorobenzóico)**

Es un derivado del ácido benzóico, que se usa principalmente en el control de malezas de hoja ancha (anuales y perennes). También tiene cierta efectividad para controlar especies de gramíneas en etapa de germinación. Las malezas de hoja ancha lo absorben rápidamente a través del follaje y raíces y se transloca fácilmente por las corrientes de la transpiración y de los fotosintetatos. Presenta actividad en el suelo, y se puede aplicar no sólo como posemergente, sin que también con premergente. Después de la translocación, el dicamba puede ser excretado por las raíces y reabsorbido por la misma planta o por plantas adyacentes. Su acción es el resultado de interferencia con la síntesis de los ácidos nucleicos. Como el 2,4-D, altera el sistema de transporte de las plantas, debido a que induce una proliferación metabólica y celular masiva.

Las plantas tolerantes degradan metabólicamente al dicamba en forma rápida. Las plantas susceptibles no lo pueden degradar con rapidez suficiente como para no ser afectadas (DL50 = 1040 mg/kg de peso vivo). Su forma comercial es Banvel 480 (48%).

■ **Atrazina (2-cloro-4-etilamino-7-isopropilamino-s-triazina)**

Es una triazina de acción selectiva, que controla malezas de hoja ancha y angosta en maíz, sorgo, caña de azúcar y piña. Se puede aplicar en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia. Se absorbe principalmente por las raíces y se transloca a las hojas, donde puede acumularse. Tanto las plantas susceptibles como las tolerantes (como el maíz) lo absorben en igual cantidad, pero las plantas tolerantes lo metabolizan rápidamente. La atrazina es muy efectiva en malezas que crecen de semillas, pero también tiene cierta acción sobre malezas recién emergidas. Su actividad en el suelo depende de la dosis aplicada. En dosis muy altas (4 kg/ha) puede persistir por más de un año, pero a dosis normales o muy bajas, como las sugeridas aquí, la residualidad es muy corta, especialmente en ciclos lluviosos, sin afectar a cultivos susceptibles que se siembran inmediatamente después del maíz, e incluso de "relevo". Este herbicida prácticamente no se lixivia en el suelo. Las dosis, en términos de ingrediente activo, deben ser mayores en suelos secos que en los húmedos, en los suelos ácidos que en los alcalinos y en los suelos hurnicos que en los suelos pobres en materia orgánica.

La atrazina actúa inhibiendo la reacción de Hill (de la fotosíntesis). El maíz es resistente a la Atrazina debido a que posee medios de inactivar el herbicida transformándolo rápidamente en una hidroxí-atrazina al sustituir un Cl por un OH en su estructura química, con la ayuda de la benz-oxazinona, que es componente natural de su savia.

Existen muchas triazinas, siendo la atrazina (Gesaprim), una de ellas. Algunas son aún más insolubles (Simazina), y otras más solubles (Terbutrina o Igran, Cianazina o Bladex, Ciprazina, etc.). También existen combinaciones comerciales de Atrazina: con Igran = Gesaprim combi; con metolaclor (Dual) = Primagram y Primextra, etc. Estos últimos productos, debido a la presencia de metolaclor, presenta más efectividad en el control de malezas gramíneas.

---

■ ***Glifosato (N-Fosfonometil glicina)***

Este herbicida no está clasificado por familia, como la mayoría de los otros herbicidas. Es no-selectivo, translocable y de muy amplio espectro. Posee poca o ninguna fitotoxicidad en el suelo y sólo debe aplicarse como tratamiento foliar (pos-emergente). Debido a su muy corta vida, tanto en el suelo como en los residuos vegetales, los campos tratados pueden sembrarse de inmediato. La única selectividad es la "posicional" o sea, la aplicación dirigida a las malezas, sin mojar el follaje del maíz. El herbicida se absorbe por el follaje y se transloca a las partes subterráneas de las plantas. Sin embargo, a medida que avanza por los rizomas (caso del zacate Johnson), su concentración se va diluyendo, por lo que algunas yemas subterráneas distantes del punto de entrada no serán afectadas, produciéndose un rebrote, el que deberá tratarse nuevamente.

El glifosato inhibe la síntesis de los aminoácidos aromáticos. En las plantas perennes, los síntomas de fitotoxicidad por glifosato ocurren después de una semana de su aplicación; en cambio, en las anuales, puede tomar poco más de 3 días. El herbicida es fuertemente adsorbido por el suelo y se lixivia muy poco; allí lo degradan los microorganismos. El producto comercial, en México, se conoce como Faena y también como Round-up.

■ ***Paraquat (ion 1,1'-dimetilo-4,4'-bipiridinio)***

Es un compuesto cuaternario del amonio y se usa como desecante. Su absorción es tan rápida que prácticamente no es lavado por las lluvias después de su aplicación. Bajo alta intensidad de luz, actúa casi completamente como herbicida de contacto, pero cuando se aplica a baja intensidad de luz, o cuando se usa en combinación con inhibidores de la fotosíntesis como las triazinas, su efecto se vuelve más lento y también actúa por translocación. El paraquat actúa destruyendo las membranas celulares. En las plantas no sufre degradación metabólica, pero sí se degrada fotoquímicamente sobre la superficie de las mismas bajo la acción de la luz ultravioleta del sol. En el suelo, es adsorbido rápidamente por la fracción arcillosa, quedando así inactivado, pero en suelos arenosos, puede acumularse en forma de residuos tóxicos. En caso de adicionar surfactantes-humectantes a la solución de paraquat y agua, debe tenerse la precaución de que sean no-iónicos. Es necesario considerar al paraquat, por su toxicidad a los humanos, como producto que puede ser peligroso para la salud si se usa en forma descuidada.

La absorción por vía de mucosas y piel produce daños muy serios a los riñones, hígado y pulmones, y no se conocen medios de contrarrestar la acción de este herbicida. El producto concentrado debe manejarse con guantes de hule y es conveniente usar anteojos para evitar que alguna salpicadura afecte a los ojos. El paraquat ha causado muchas muertes debidas principalmente al uso de envases vacíos del producto para agua de bebida o bien el uso de envases de refresco para guardar el herbicida, el que es ingerido accidentalmente. El paraquat se comercializa como gramoxone y transquat.

**Resultados  
obtenidos por el  
CIMMYT con  
labranza de  
conservación en  
las tierras bajas  
tropicales de  
Veracruz**

- a) Se mejora la infiltración del agua y se reduce la erosión en suelos de laderas.
  - b) En los experimentos en que se han comparado situaciones de labranza, en años de lluvia normal, la labranza de conservación ha dado rendimientos iguales a aquéllos obtenidos bajo labranza de conservación, pero en años de sequía, los tratamientos de labranza de conservación han superado consistentemente a los de labranza convencional.
  - c) En labranza de conservación, la aplicación de fertilizantes al voleo al momento de la siembra, aún del fosfato, es tan efectiva como su incorporación con el suelo.
  - d) En un experimento de dosis de nitrógeno y fósforo realizado durante 12 ciclos consecutivos sin labrar ni cultivar el suelo, el control de malezas en base a paraquat y atrazina ha sido efectivo sin que se presentaran problemas serios de malezas e insectos y sin que existiera evidencia de efectos deletéreos sobre la estructura del suelo o sobre la capacidad de infiltración del agua. Por lo general, después de un primer ciclo de labranza de conservación, la dosis de herbicida atrazina puede reducirse a solamente 500 gramos por ha.
  - e) Se ha observado un menor daño por ataque de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) bajo labranza de conservación que bajo labranza convencional.
  - f) La adopción de la labranza de conservación le permitiría a los agricultores cultivar con maíz una mayor proporción de sus tierras, ya que en muchos casos, su capacidad de producción está limitada por la capacidad de controlar las malezas con azadón.
  - g) Bajo el punto de vista económico, con rendimientos equivalentes bajo ambos sistemas de labranza, el mejor sistema de manejo será el de menor costo. En el Cuadro 2 se presentan los presupuestos parciales para dos sistemas de labranza convencional y un sistema de labranza de conservación. Claramente, el costo variable total para labranza de conservación es mucho menor que el de los dos sistemas convencionales.
  - h) Es muy sabido por los investigadores en control de malezas en maíz, que si las malezas se controlan efectivamente durante los primeros 30 o 40 días del desarrollo del cultivo, las malezas que crezcan posteriormente no afectarán la producción de grano. Esta idea ha sido confirmada por muchas investigaciones efectuadas en diversas estaciones experimentales, tanto en áreas tropicales como en áreas templadas. Estas conclusiones son válidas para las regiones en que se efectuaron tales experimentos, donde las densidades de siembra son altas y las poblaciones por unidad de superficie son casi perfectas. Sin embargo, en regiones tropicales, y en campos de agricultores tradicionales, donde las densidades son a menudo muy bajas e irregulares, el follaje de maíz casi no sombrea las malezas. Una de las principales ventajas de los sistemas de labranza de conservación es que al no mover la superficie del suelo, el problema de las malezas se reduce año tras año, y la dosis de herbicida puede también reducirse a partir del ciclo siguiente al que se ha
- Anderson, W.P. 1977. Weed Science: Principles. West Publishing Company, New

**Cuadro 2. Presupuesto parcial para labranza convencional (incluyendo desmalezamiento con azadón o herbicida) y labranza de conservación en el área de Poza Rica/Tuxpan, Veracruz. (Valores en pesos Mexicanos según precios de Noviembre de 1983).**

<i>Operación o insumo</i>	<i>Labranza convencional</i>		<i>Labranza de conservación</i>
	<i>Con desmalezamiento con azadón</i>	<i>Con herbicida</i>	
Preparación del suelo con tractor	5,850	5,850	-
Chapeado con machete <sup>1</sup>	-	-	525
Gramoxone <sup>2</sup>	-	-	2,100
Gesaprim 50 (2kg)	-	-	2,025
Gesaprim-combi (2.5 kg)	-	2,400	-
Aplicación de herbicida	-	1,050	1,050
2 desmalezamiento <sup>3</sup> con azadón (30 días-hombre)	7,970	-	-
<b>TOTAL DE COSTOS QUE VARIAN (TCV)</b>	<b>13,800</b>	<b>9,300</b>	<b>5,700</b>

<sup>1</sup> En caso de ser necesario.

<sup>2</sup> Estas cantidades se pueden reducir, a menudo, en el segundo ciclo y ciclos siguientes de labranza de conservación, a 1 kg/ha de Gramoxone y 1.2 kg/ha de Gesaprim-50, reduciendo así el TCV para la labranza de conservación a \$3,900 por ha.

<sup>3</sup> En algunos casos, un desmalezamiento manual puede ser suficiente, en cuyo caso, el TCV puede quedar en \$9.900 por ha iniciado este sistema.

## **Referencias**

- Anderson, W.P. 1977. *Weed Science: Principles*. West Publishing Company, New York.
- Davies, B.L.P., and S.V.R. Shetty. 1981. *Herbicide Research on Groundnut and Sorghum under Farmer Conditions in the Indian Semi-arid Tropics*. *Tropical Pest Management*. 27:472-479.
- Kocher, F., A.D. Violic, and A.F.E. Palmer. 1982. *Experiencias en Labranza Cero en el CIMMYT. Trabajo presentado en el Seminario sobre Labranza Reducida o Mínimo Laboreo, auspiciado por el IICA, Colonia, Uruguay del 3 - 7 de mayo de 1982*.
- Gleason, L.S. 1956. *Weed Control in Corn in the Wet Tropics*. *Proc. North Central Weed Control Conference* 13:54
- Palmer, A.F.E., A.D. Violic, and F. Kocher. 1980. *In-service Training in Maize Production Agronomy Research at CIMMYT*. *Agron. Abstr.* p. 43.
- Palmer, A.F.E., A.D. Violic, and F. Kocher. 1982. *Relationship between Research and Extension Services and the Mutuality of their Interests in Agricultural Development. Paper Presented at the Third FAO/SIDA Seminar on Field Food Crops in Africa and the Near East, Nairobi, Kenya, June 6-24, 1982*.
- Parker, C. 1983. *Appropriate Herbicide Formulation and Packaging for Small-holder Tropical Farmers Practicing No-tillage*. In *Proceedings of Symposium No-tillage Crop Production in the Tropics, Monrovia, Liberia, August 6-7, 1981*. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon. pp 210-216.
- Parker, J M.H., and R. Vernon. 1982. *Maize Herbicides for Small-scale Farmers in Zambia*. *Tropical Pest Management*. 28:259-265.
- Perrin, R.K., D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi, and J.R. Anderson. 1976. *From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual*. CIMMYT, Mexico. 51 pp.



# Factores que afectan a los herbicidas

A. Tasistro

## Herbicidas en el suelo

Se estima que menos del 5% de un herbicida aplicado al suelo es realmente responsable del control de malezas observado. El resto es afectado por una variedad de procesos activos en el ambiente. Los procesos bióticos y abióticos en el suelo en combinación con las fuerzas dinámicas de los factores climáticos, tienen una influencia sustancial en el comportamiento y persistencia de un herbicida. A continuación analizaremos sucintamente los procesos químicos, físicos y microbiológicos en los suelos en la medida que se relacionan con el comportamiento de los herbicidas en el suelo.

### I. Procesos químicos

- A. Adsorción
- B. Reacciones químicas con los constituyentes del suelo
- C. Fotodescomposición

### II. Procesos físicos

- A. Erosión
- B. Lixiviación
- C. Volatilización

### III. Procesos microbiológicos

- A. Descomposición

## Procesos químicos

### ■ Adsorción

La adsorción en los suelos es un proceso reversible mediante el cual iones y moléculas se unen a la superficie de los coloides del suelo debido a atracciones eléctricas entre aquellos y las partículas coloidales. Mientras un herbicida está adsorbido, se encuentra en un estado pasivo y no estará disponible biológicamente hasta que sea desorbido. La adsorción resulta en una reducción en el control de las malezas. La adsorción tiene lugar fundamentalmente en la materia orgánica y arcillas de los suelos. El humus es el factor individual más importante que afecta la adsorción de los herbicidas en los suelos. La capacidad de adsorción del suelo es influenciada por variaciones pequeñas en el contenido de materia orgánica del mismo, y ésta tiene una alta afinidad por herbicidas no iónicos e iónicos. Las partículas de arcilla tienen una mayor afinidad por herbicidas catiónicos debido a los numerosos sitios de intercambio de carga negativa presentes en la estructura de los minerales arcillosos.

Todos los herbicidas son adsorbidos en cierto grado por los suelos. Algunos productos, como el glifosato y el paraquat, tienen una afinidad tan grande con los coloides del suelo que carecen de actividad en este. Dependiendo de la capacidad adsorptiva del suelo para un herbicida particular se alcanza un equilibrio entre las moléculas de herbicida "libres" y adsorbidas. Las dosis de aplicación deben ser aumentadas para compensar por lo que es adsorbido. La adsorción es mayor en suelo seco que en suelo húmedo, debido a que las moléculas de herbicidas son desplazadas por la acción competitiva de las moléculas de agua. El pH del suelo afecta la adsorción de las triazinas al determinar el grado de protonación (agregado de un ion hidrógeno) de las moléculas de dichos herbicidas. A pH de suelos por debajo de 7.0 a 7.5 las moléculas de las triazinas son

---

protonadas, lo cual aumenta su adsorción al formarse moléculas de triazinas cargadas positivamente.

#### ■ Reacciones químicas con constituyentes del suelo

Las reacciones a las que nos referimos involucran puramente a sistemas químicos, resultando eventualmente en la inactivación del herbicida. Las reacciones pueden tener lugar con los constituyentes del suelo o con otros productos químicos o pesticidas. En general, estas reacciones no-biológicas son menos conocidas que los otros procesos que estamos considerando. Debemos reconocer, sin embargo, que en el suelo existe un gran potencial para que se lleven a cabo reacciones químicas. Las reacciones que pueden tener lugar dependen de las condiciones del suelo en el momento que estemos considerando. Es difícil predecir las vías no-biológicas para la inactivación de herbicidas en el suelo, debido a las interrelaciones dinámicas de los factores del clima, el suelo y los herbicidas.

#### ■ Fotodescomposición

Por fotodescomposición entendemos las alteraciones moleculares producidas por la luz solar, que resultan en la inactivación del herbicida. Los electrones de la molécula del herbicida son excitados después de absorber la energía de la luz solar, lo cual crea una molécula inestable la que posteriormente cambia. La porción ultravioleta del espectro de luz solar, que posee alto contenido de energía, es directamente responsable de los cambios referidos. La magnitud del cambio químico está determinada por la susceptibilidad de la molécula del herbicida y por la cantidad de energía interceptada (lo cual está relacionado con la cantidad e intensidad de luz solar y temperatura). Aunque todos los herbicidas experimentan cierto grado de fotodescomposición, la gran mayoría no se fotodescomponen en cantidades apreciables. La fotodescomposición se puede eliminar mediante la incorporación de los herbicidas al suelo, la que se puede efectuar mecánicamente o con agua.

### **Procesos físicos**

#### ■ Erosión

Tanto la erosión eólica como la hídrica resultan en la pérdida de herbicidas aplicados al suelo. Si tenemos presente lo que se explicó anteriormente sobre la adsorción de los herbicidas, será fácil entender por que los herbicidas se mueven con el suelo.

#### ■ Lixiviación

El movimiento de los herbicidas en el suelo, provocado por el movimiento de agua, se denomina lixiviación. Aunque el movimiento puede ocurrir en cualquier dirección (hacia abajo, lateralmente, o hacia arriba), la mayor parte de las veces es hacia abajo. En general es deseable tener cierto grado de lixiviación, ya que permite que los herbicidas aplicados a la superficie del suelo sean activados,

contribuyendo además a la desaparición de residuos de herbicidas del suelo; sin embargo, una excesiva lixiviación puede aparejar un control pobre de malezas e inclusive daño al cultivo.

Los principales factores que afectan a la lixiviación son:

- 1) Permeabilidad del suelo
- 2) Volumen de agua que se mueve a través del suelo
- 3) Solubilidad en agua del herbicida
- 4) Adsorción del herbicida a los coloides del suelo

La permeabilidad del suelo esta influenciada por la textura y estructura del suelo y el volumen de agua que se mueve a través del suelo por la cantidad de lluvia o de agua de riego. La solubilidad en agua y propiedades de adsorción del herbicida están controlados por las propiedades del herbicida y la interacción herbicida-suelo, respectivamente. La lixiviación aumenta a medida que aumenten la permeabilidad del suelo, el volumen de agua que se mueve en el perfil y la solubilidad en agua del herbicida. Por el contrario, la lixiviación es menor al aumentar la adsorción del herbicida a los coloides del suelo. La adsorción es el factor más importante que controla a la lixiviación.

#### ■ Volatilización

El proceso de pasar del estado sólido o líquido al gaseoso, se denomina volatilización. Cada herbicida se volatilizará bajo ciertas condiciones; en condiciones de uso normal, sin embargo, la mayoría de los herbicidas no se volatilizan en cantidades apreciables. La presión de vapor de un herbicida es una medida de la presión ejercida por sus moléculas gaseosas cuando están en equilibrio con las moléculas del mismo herbicida en el estado sólido o líquido, estando en un recipiente cerrado. La presión de vapor es el mejor indicador de la volatilidad de un herbicida; valores altos de presión de vapor indican una alta tendencia del herbicida a volatilizarse.

En general, la volatilidad es una propiedad deseable en un herbicida porque le permitirá una mayor movilidad en el suelo, lo cual puede compensar una distribución pobre en el suelo o posibilitará el movimiento del producto al aire y su posterior absorción por los estomas de la planta. Los herbicidas de aplicación al suelo con alta volatilidad deben ser incorporados o se pierden hacia la atmósfera; por otro lado, la deriva del vapor de ciertos herbicidas de aplicación foliar puede producir otros tipos de problemas.

La volatilización tiene lugar más rápidamente a partir de un suelo húmedo que de un suelo seco, ya que los herbicidas son adsorbidos más intensamente en un suelo seco. El movimiento ascendente de agua en el suelo, provocado por la acción capilar, turbulencia del viento y altas temperaturas, aumentará también las pérdidas por volatilización. La incorporación al suelo, por medios mecánicos o

---

agua, y el uso de formulaciones adecuadas (formulaciones granulares, impregnación de herbicidas en fertilizantes secos, formulaciones sales amina del 2,4-D y formulaciones de sales sódicas o de aluminio de dicamba) ayudan a reducir las pérdidas por volatilización.

Los factores del suelo que aumentan la actividad microbiana también favorecen la inactivación de los herbicidas:

<i>Factor del suelo</i>	<i>Nivel óptimo</i>
Humedad	50-100% de capacidad de campo
Aereación	Bien aereado.
Temperatura	25-30 C°
pH	6.8-8.0
Nivel de materia orgánica	Pequeños aumentos producen grandes respuestas.

### **Procesos microbiológicos**

Las moléculas orgánicas están sujetas al ataque y utilización por parte de los microorganismos que necesitan nutrientes y energía. Los principales microbios involucrados (bacterias, hongos y actinomicetos) son capaces de descomponer las moléculas de los herbicidas, por lo que la descomposición microbiana es uno de los medios principales (si no es que el más importante) de desaparición de los herbicidas del suelo. Las reacciones de degradación de los herbicidas están reguladas por enzimas específicas producidas por ciertos microorganismos. Las enzimas pueden encontrarse dentro del organismo, lo cual requiere que el herbicida sea absorbido, o pueden ser liberadas al medio. Muchas de las reacciones de descomposición reguladas por enzimas son idénticas a las que tienen lugar en plantas superiores.

Los microorganismos que participan en la descomposición pueden aumentar en número, como respuesta a la presencia del herbicida, pero retornan a los niveles de población originales una vez que se agota el producto químico. La existencia de mutaciones en las poblaciones microbianas resultan en un ambiente dinámico en el cual trabajan los herbicidas.

### **Persistencia de los herbicidas en el suelo**

El herbicida ideal sería el que proporcionara control durante el tiempo necesario y desapareciera después sin dejar huella. Como tal herbicida no se encuentra disponible aún, las decisiones de selección están basadas en compromisos entre persistencias inadecuadas y excesivamente prolongadas. Una duración inadecuada del efecto herbicida puede resultar en problemas de malezas al final del ciclo del cultivo. Muchas malezas de difícil control germinan en varias generaciones durante el ciclo del cultivo, requiriendo, por lo tanto, herbicidas persistentes o aplicaciones múltiples.

Cualquier herbicida que permanezca activo en el suelo después de que cumplió con su misión, es identificado como residuo de herbicida. Los residuos de herbicidas presentan problemas cuando es necesario resembrar un lote con un cultivo sensible al herbicida que se había aplicado (por ejemplo, después de la pérdida del cultivo sembrado originalmente), o cuando un cultivo sensible es sembrado en rotación, resultando en daños al cultivo o en la presencia de niveles de residuos no aceptables.

Muchos factores interactúan determinando la velocidad de desaparición de un producto químico del suelo. Entre ellos los más importantes son la humedad y la temperatura. El agua es necesaria tanto para la degradación biológica como para la no-biológica de los herbicidas, y se ha encontrado que la degradación de ciertos productos químicos aumenta bajo las condiciones anaeróbicas de suelos inundados. Las temperaturas altas aceleran la velocidad de las reacciones químicas y biológicas. Estaciones de crecimiento cortas o aplicaciones tardías de herbicidas, dejan menos tiempo disponible para la descomposición de los herbicidas y las condiciones climáticas posteriores al ciclo de crecimiento del cultivo tienen una mayor influencia en la posibilidad de la existencia de residuos en el ciclo siguiente. Suelos con pH alto manifiestan generalmente una mayor persistencia de residuos de triazinas, al disminuir las tasas de adsorción y degradación.

Muchos de los problemas de residuos de herbicidas en el suelo se deben a errores de aplicación, calibración o incorporación. Una superposición inadecuada, el uso de boquillas gastadas o de manómetros descompuestos, no ajustar las dosis según la textura y nivel de materia orgánica en el suelo, la ausencia de una calibración adecuada o una incorporación dispareja, pueden resultar en problemas de residuos de herbicidas.

### **Herbicidas en las plantas**

El comportamiento de un herbicida está determinado por la cantidad de éste que es absorbido por la planta y que llega al sitio dentro de la misma en donde puede alterar alguna función vital. Aunque esto suena muy sencillo, involucra un gran número de procesos. Un herbicida debe atravesar muchas barreras para introducirse dentro de la planta. El sitio de entrada, o sea la parte de la planta responsable de la absorción química, es específica para cada herbicida (por ejemplo: semillas, raíces, tallos, follaje, meristemos, etc.). El sitio de entrada primario puede depender del método de aplicación y algunos herbicidas pueden entrar a través de más de un sitio. Una vez que ha sido absorbido, el herbicida debe llegar

---

a un lugar específico dentro de la planta llamado el sitio de acción donde, a través de uno o más mecanismos conocidos como mecanismo de acción, la planta será muerta.

**I. Absorción de los herbicidas**

- A. Herbicidas aplicados al suelo
- B. Herbicidas aplicados al follaje

**II. Translocación de los herbicidas**

**III. Selectividad de los herbicidas**

- A. Estadio de crecimiento al momento de la aplicación
- B. Selectividad posicional
- C. Selectividad morfológica
- D. Selectividad fisiológica
- E. Selectividad metabólica
- F. Factores ambientales
- G. Protectores químicos

**Absorción de los herbicidas**

■ **Herbicidas aplicados al suelo**

Las plantas entran en contacto con los herbicidas en el suelo, mediante una variedad de mecanismos. Las raíces y los talluelos interceptan a los productos a medida que crecen y se expanden a través del suelo. El flujo de masa, o sea el movimiento o flujo de agua hacia la planta creado a medida que la planta utiliza el agua, es responsable en gran medida del transporte de los herbicidas a las raíces vegetales. La difusión, es decir el movimiento de moléculas a lo largo de un gradiente de concentración, es un medio menos importante de transporte de los herbicidas en el suelo.

Los herbicidas aplicados al suelo pueden ser absorbidos por semillas, raíces y talluelos. La absorción foliar puede tener lugar también a partir de la volatilización o de salpicaduras de suelo en el follaje causado por el impacto de las gotas de lluvia. Los herbicidas son absorbidos por las plantas por los mismos mecanismos que los nutrientes vegetales. La absorción es un proceso selectivo en el cual las membranas que actúan como barreras, son capaces de discriminar entre diferentes iones y moléculas. Algunas etapas de la absorción tienen lugar pasivamente, en tanto que otras son procesos activos que requieren energía de funciones metabólicas específicas en los vegetales. Las semillas y las raíces absorben los herbicidas al embeber el agua. Los herbicidas deben ser transportados desde el sitio de entrada al sitio de acción, luego de ser absorbidos. Para ser translocados hacia arriba a partir de las raíces, el herbicida debe llegar al xilema. Algunos herbicidas son inmovilizados una vez que entran a las raíces, y por lo tanto son inefectivos cuando son absorbidos por esa vía.

Antes de su emergencia, el nudo del coleoptilo de las plántulas de las gramíneas y en menor grado el coleoptilo mismo sirven como sitios importantes de entrada para ciertos herbicidas. La absorción por el coleoptilo evita las barreras para la translocación que están presentes en las raíces y es por lo tanto un sitio de

entrada más efectiva para muchos gramínicos aplicados al suelo. En el caso de malezas de hoja ancha la importancia de la absorción por los tallos de las plántulas es generalmente menor que por las raíces.

#### ■ Herbicidas aplicados al follaje

Las hojas constituyen el sitio de entrada primario para la mayoría de los herbicidas aplicados al follaje. Los tallos son un objetivo importante en la aplicación de herbicidas para el control de plantas leñosas perennes debido a que en ellos se localizan las yemas adventicias latentes. Las yemas o meristemos son los sitios primarios de absorción particularmente en el caso de productos de contacto, no-translocables. Las plantas defoliadas con herbicidas de contacto rebrotarán si no se destruyen los puntos de crecimiento.

La retención del herbicida es tan importante como la absorción en determinar la respuesta a la aplicación del herbicida. La retención está determinada por la humectabilidad inherente de la superficie foliar (cerosidad de la cutícula y grado de pubescencia de la planta) y por la tensión superficial de la solución herbicida. La tensión superficial se puede describir como la fuerza de atracción entre las moléculas de un líquido. A medida que aumenta la tensión superficial aumenta la tendencia de las gotas del líquido a hacerse circulares y rodar y caerse de las superficies foliares. El agregado de surfactantes ayuda a aumentar la absorción de un herbicida al disminuir la tensión superficial (lo que aumenta el contacto entre la solución y las superficies foliares), aumentar la retención de la solución y retardar el secado de ésta.

Para entrar a la hoja, los herbicidas deben penetrar la cutícula cerosa, la pared celular, la membrana citoplásmica y finalmente deben ser liberados en el citoplasma. Los herbicidas penetran la cutícula y las paredes celulares pasivamente por difusión, pero requieren energía para penetrar la membrana citoplásmica y el citoplasma. No todas las partes de las hojas absorben herbicidas. Las partes más importantes en relación a la absorción de los herbicidas son: las células guardas de los estomas, las áreas de alta concentración de ectodesmos (corredores microscópicos que se extienden desde la cutícula hasta la epidermis), las células que rodean a los pelos y las células que recubren a las nervaduras.

La cutícula es la primera barrera en la parte externa de la superficie de la hoja que el herbicida debe penetrar. La cutícula es una membrana semipermeable, sin poros y continua, que cubre a las células epidérmicas de la hoja. Consiste de capas de plaquetas cerosas superpuestas, conectadas por un material elástico llamado cutina. En su extensión, existen espacios intermoleculares de un tamaño suficiente para permitir el paso de moléculas pequeñas. Esta capa se encoge y se hincha en respuesta a los niveles de humedad a los que está expuesta la planta, lo cual determina el grado de permeabilidad. Los aceites y los herbicidas solubles en aceites penetran fácilmente a la cutícula, en tanto que el agua y los herbicidas solubles en ésta son excluidos. La cutícula se encuentra cargada negativamente, y por lo tanto adsorbe preferentemente cationes en vez de aniones.

Las paredes celulares ofrecen poca resistencia a las moléculas o iones. A diferencia de la cutícula, las paredes celulares son atravesadas sin dificultad por materia-

---

les polares o solubles en agua en tanto que los compuestos lipofílicos, solubles en aceite, entran con dificultad. La membrana citoplásmica es de naturaleza semipermeable y encierra al citoplasma, permite una penetración selectiva a través de mecanismos de transporte específicos y de tipo activo que no son conocidos en su totalidad.

Los factores ambientales tienen una influencia sustancial en la absorción foliar de herbicidas. Temperaturas del aire altas y el viento pueden disminuir la absorción al aumentar las pérdidas por volatilización desde las superficies foliares, al acelerar el secado de la solución con el herbicida e incluso pueden producir cutículas foliares más gruesas. La absorción es generalmente máxima cuando las temperaturas están dentro del rango que promueve el máximo crecimiento vegetal. Una alta humedad aumenta la absorción al reducir las pérdidas por volatilización y al promover la apertura de los estomas.

### ***Translocación de los herbicidas***

La translocación es el proceso de transportar al herbicida al sitio de acción. Ciertos herbicidas se mueven dentro de las plantas, en tanto que otros son inmóviles, debido a reacciones con constituyentes celulares (conjugación), adsorción o retención por otros mecanismos. Algunos herbicidas deben ser alterados químicamente antes de que se puedan translocar; otros no necesitan ser translocados, ya que son activos en el mismo sitio de absorción. La movilidad de un herbicida es una propiedad inherente al mismo, dependiendo de su estructura molecular y el grado en que se manifiesta va a depender también de las especies de plantas consideradas.

La translocación puede ocurrir por diferentes vías. La translocación en distancias cortas puede tener lugar a través de pasajes y espacios entre paredes celulares o de célula a célula por medio de las conexiones citoplásmicas. El transporte en distancias mayores se puede efectuar vía los sistemas vasculares del xilema o floema. El xilema está constituido por conductos muertos, huecos y de paredes engrosadas que parecen caños; a través de él se mueven grandes volúmenes de agua y solutos desde las raíces hacia todas las partes de las plantas. El xilema es el sistema de conducción del flujo transpiratorio.

El floema es el sistema de conducción de los productos de la fotosíntesis, y conecta a las hojas con áreas de división celular activa, crecimiento y almacenamiento. El floema consiste de conductos vivos y células acompañantes que son continuos, y que están interconectados por membranas y plasmodesmos (hebras de citoplasma que interconectan a las células).

La translocación en el xilema es la vía principal de transporte para los herbicidas absorbidos por las raíces, hacia las partes aéreas de la planta. Una vez que se encuentra en las hojas y yemas, el herbicida puede ser inmovilizado y empieza a acumularse, o puede pasar al floema y recircular por la planta. La velocidad del movimiento xilemático está determinada por la humedad del suelo y por las demandas transpiratorias de la planta. La translocación en el floema es la forma principal de transporte de los herbicidas absorbidos foliarmente, hacia rizomas en formación, órganos de reserva, yemas, tallos nuevos, flores, frutos y semillas. Una vez que está en el floema el herbicida, puede ser inmovilizado y acumularse,

o puede circular por toda la planta. La translocación y el movimiento de los azúcares sigue un patrón fuente-demanda que varía entre especies, condiciones de crecimiento y edad de la planta, dependiendo de la demanda de varios procesos de crecimiento.

A continuación se exponen ciertas generalizaciones en relación a la dirección del transporte del floema a partir de diferentes lugares de la planta:

- 1) Las hojas jóvenes no exportan fotosintatos
- 2) El movimiento desde hojas maduras en la parte superior de la planta, es hacia el ápice de ésta
- 3) El movimiento desde hojas inferiores maduras es hacia abajo, hacia las raíces
- 4) El movimiento desde hojas intermedias es igual en ambas direcciones
- 5) Los azúcares de la parte apical se acumulan en las semillas y frutos
- 6) Dependiendo de la edad y época del año, las especies perennes translocarán los fotosintatos hacia nuevos brotes, yemas, flores y frutos o hacia raíces u órganos de reserva
- 7) Las condiciones que restringen al crecimiento, restringirán la translocación

### **Selectividad de los herbicidas**

El uso agrícola de los herbicidas está basado en su habilidad para matar algunas clases de plantas y no a otras. El grado de reacción de una especie a un producto químico es una medida de su susceptibilidad bajo las condiciones consideradas. La ausencia de una respuesta indica la tolerancia de la especie. Las plantas difieren en su susceptibilidad a los herbicidas debido a las siguientes razones:

- 1) Estado de crecimiento al momento de la aplicación
- 2) Selectividad posicional
- 3) Diferencias morfológicas que influyen en la intercepción o retención del herbicida
- 4) Diferencias fisiológicas que influyen en la absorción y translocación del herbicida
- 5) Diferencias metabólicas que influyen en la inactivación del herbicida
- 6) Factores ambientales (suelo, humedad, luz, temperatura, etc.)
- 7) El uso de protectores químicos

---

■ **Estadio de crecimiento al momento de la aplicación**

El uso de herbicidas no-selectivos en sistemas de labranza de conservación, antes de que emerja el cultivo y la aplicación de herbicidas a especies perennes en estado de latencia, forrajeras, frutales u hortalizas, son ejemplos de selectividad obtenida mediante el manejo del estadio de desarrollo del cultivo al momento de la aplicación. La mayor susceptibilidad de plántulas a la aplicación de herbicidas permite el uso de ciertos herbicidas de contacto en cultivos establecidos.

■ **Selectividad posicional**

La selectividad posicional o de colocación del herbicida se refiere a los métodos de minimizar el contacto del herbicida con el cultivo. El uso de formulaciones granulares o "pellets", que rebotan en el follaje y caen al suelo, la barrera impuesta por el suelo entre la semilla del cultivo y el herbicida aplicado al suelo o incorporado superficialmente, y el uso de pantallas protectoras para la aplicación dirigida de herbicidas entre las líneas del cultivo, son ejemplos de alternativas que usan la selectividad posicional.

■ **Selectividad morfológica**

La intercepción y retención de los herbicidas foliares están influenciadas por un número de factores que incluye el ángulo, forma, número, ancho, disposición y cerosidad de las hojas, así como la localización de las yemas o puntos de crecimientos. La intercepción de los herbicidas aplicados al suelo, está influenciada por los patrones de desarrollo radicular, la localización en el suelo del nudo del coleoptilo en gramíneas y la naturaleza de los órganos reproductivos subterráneos.

■ **Selectividad fisiológica**

La selectividad fisiológica está referida con la entrada del herbicida a la planta y el efecto posterior en ésta, sin incluir los procesos metabólicos. Como se analizó anteriormente, las plantas manifiestan una absorción selectiva a través de raíces y follaje y una vez absorbidos, los herbicidas pueden ser inmovilizados a través de una variedad de mecanismos y de esa manera nunca llegarán al sitio de acción.

■ **Selectividad metabólica**

Los procesos metabólicos normales que tienen lugar dentro de la planta, proveen una forma de inactivar a los herbicidas que han sido absorbidos. La selectividad de la atrazina en el maíz, por ejemplo, resulta de la capacidad de este cultivo de metabolizar dicho herbicida.

■ **Factores ambientales**

El herbicida, el cultivo, el ambiente en el campo y los factores del clima interactúan para producir una multitud de situaciones dinámicas. Un herbicida no puede ser usado sin tener cierto efecto en el cultivo. Las condiciones que producen estrés en el cultivo, disminuyen generalmente la tolerancia de éste hacia el herbicida.

■ **Protectores químicos**

La selectividad del herbicida puede ser alcanzada al proteger a la especie deseada del efecto tóxico del herbicida, a través del uso de un producto químico que sirve como antídoto para el herbicida considerado. A estos productos se les conoce como protectores químicos de las plantas, protectores de semillas, o antídotos de los herbicidas. Dependiendo del producto considerado, se pueden usar tanto como tratamiento de semillas o de suelos. Existe un gran interés en desarrollar más productos que sirvan para estos fines.

**Clasificación y modo de acción**

Los herbicidas interfieren generalmente con más de un proceso dentro de la planta, sin embargo, se clasifican por el proceso primario dentro de la planta que es bloqueado o alterado. Los herbicidas dentro de una familia química afectan a las plantas, comúnmente, por el mismo mecanismo de acción.

En función de su grado de movilidad dentro de las plantas, los herbicidas se pueden clasificar en: translocables y de contacto. Los herbicidas de contacto causan un daño localizado, al debilitar o desorganizar las membranas celulares lo que resulta en una pérdida del contenido celular y una muerte rápida. La translocación es muy limitada, debido precisamente a que las células mueren al entrar en contacto con el herbicida. Algunos herbicidas son conocidos como productos quemantes, debido a su acción rápida.

Los productos translocables se mueven dentro de la planta desde el sitio de entrada hasta el sitio de acción. Su acción está asociada con la alteración del funcionamiento normal de uno o más procesos fisiológicos o metabólicos de la planta. Cuando el movimiento se realiza en el xilema y en el floema, los productos se denominan sistémicos. Los herbicidas translocables tienen en general una acción lenta, produciendo la muerte de la planta en un período variable.

---

Los herbicidas pueden ser agrupados en siete categorías generales, basadas en los mecanismos de acción:

- a) Reguladores del crecimiento del tipo auxínico
- b) Inhibidores de la fotosíntesis
- c) Destruidores de la permeabilidad celular
- d) Alteradores de la mitosis
- e) Inhibidores de la raíz o tallo de las plántulas
- f) Inhibidores metabólicos generales
- g) Inhibidores de los pigmentos

### **Referencias**

Agri-growth Research, Inc. 1986. Field Training Seminar

Ross, M.A. and C.A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing Co. Minnesota. 340 pp.

Weed Science Society of America. 1983. Herbicide Handbook. Fifth Ed. 515 pp.

Weed Science Society of America., 1985. Weed Control in Limited-Tillage Systems. 297 pp.

Fancelli, A.L. 1985. Atualizacao em plantio direto. Fundacao Cargill, Campinas, S.P. Brasil. 343 pp.

# Selección de herbicidas para el cultivo de maíz en el sistema de labranza de conservación

A. Tasistro

El manejo de las malezas es un aspecto crucial en el manejo de los cultivos bajo cualquier sistema de labranza, pero se toma particularmente crítico en el sistema de labranza de conservación. Esto se debe a que en este último, las operaciones de labranza se reducen significativamente, en relación a los sistemas de labranza considerados como convencionales, lo cual reduce proporcionalmente la opción mecánica en el manejo de las malezas. Es así que no se dispone del efecto desmalezador de las operaciones de labranza primaria (aradas, rastreadas, etc.), ni de las de labranza secundaria (escardas, aporques, etc.).

Aunque se puede practicar el sistema de labranza conservacionista con el uso de deshierbes manuales, en general el uso de herbicidas ha constituido un factor de manejo básico para alcanzar buenos resultados. Al considerar el uso de herbicidas en labranza de conservación, debemos tener en cuenta que el problema de las malezas tiene dos facetas: a) debemos controlar la vegetación que ya está desarrollándose cuando sembramos nuestro cultivo, y b) debemos considerar a las malezas que se van a desarrollar durante el ciclo de crecimiento del maíz. Los productos que van a controlar uno u otro tipo de vegetación pueden ser aplicados juntos o en distintas aplicaciones.

## Control de la vegetación existente al momento de la siembra del cultivo

Los productos y rango de dosis que se utilizan normalmente para el control de la vegetación existente al momento de la siembra en el sistema de labranza de conservación, se muestran en el cuadro 1. Conviene consultar la información técnica local acerca de la conveniencia del uso de surfactantes. En general al usar paraquat o diquat conviene agregar un surfactante no-iónico a razón de 0.1-0.5% v/v. Esto quiere decir que los surfactantes se deben emplear en proporción al volumen de mezcla que tenemos en el tanque de la aspersora, y no con relación a la superficie a ser tratada. Por ejemplo, si tenemos una mochila con 10 litros de mezcla en el tanque, la dosis del surfactante puede oscilar entre 10 y 50 mililitros/tanque.

Cuadro 1. Herbicidas y rangos de dosis utilizados en los sistemas de labranza de conservación para el control de la vegetación existente.

<i>Ingrediente activo</i>	<i>Nombre comercial más conocido</i>	<i>kg i.a./ha</i>
2,4-D anina	varios	0.7 - 1.2
2,4-D ester	varios	0.4 - 0.8
glifosato	Round-Up	0.54 - 0.9
paraquat	Gramoxone	0.2 - 0.4
diquat	Reglone	0.2 - 0.4
dicamba	Banvel	0.24 - 0.36

En general la dosis a emplear será la más alta cuando las condiciones de aplicación sean más desfavorables: malezas con follaje ceroso, lluvia próxima, etc. De cualquier manera es importante anotar que las dosis de los surfactantes son bajas y por lo tanto no se justifica usar detergentes o jabones de uso doméstico (los cuales, por otra parte, no están diseñados para el uso agrícola), en aras de ahorrar dinero; por otro lado, es también importante que las cantidades se midan precisamente, ya que si se usan surfactantes en dosis muy altas, pueden causar fitotoxicidad. Debido a la naturaleza catiónica del paraquat y del diquat, los surfactantes que se empleen con estos herbicidas deben ser no-iónicos. La información sobre la naturaleza de los surfactantes debe estar en las etiquetas de los productos.

Al seleccionar el herbicida a utilizar, debemos tener presente también que podemos hacer mezclas de tanque con los productos mencionados. Las mezclas de tanque que se realizan más comúnmente, así como los rangos de dosis que se emplean, se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Herbicidas y rangos de dosis empleados en mezclas de tanque para el control de la vegetación existente al momento de la siembra en labranza de conservación.**

<i>Ingredientes activos</i>	<i>kg i.a./ha</i>
paraquat + diquat	(0.2-0.3) + (0.2-0.3)
2,4-D amina + paraquat	(0.7-1.2) + (0.2-0.4)
2,4-D ester + paraquat	(0.4-0.8) + (0.2-0.4)
2,4-D amina + glifosato	(0.7-1.2) + (0.36-0.63)
2,4-D ester + glifosato	(0.4-0.8) + (0.36-0.63)
dicamba + paraquat	(0.24-0.36) + (0.2-0.4)
dicamba + glifosato	(0.24-0.36) + (0.36-0.54)
2,4-D amina + dicamba	(0.7-1.2) + (0.24-0.36)

En el cuadro 3 se presentan una serie de alternativas de aplicaciones de herbicidas en función del tipo de malezas presentes al momento de la siembra.

La decisión sobre el herbicida a ser aplicado, así como la conveniencia de aplicar productos aislados o mezclas de tanque va a depender de la situación específica. El glifosato es un herbicida generalmente costoso y posee mayor efectividad en controlar gramíneas que especies de hoja ancha; por lo tanto las mezclas de glifosato con 2,4-D o con dicamba sirven para reducir el costo del glifosato y

**Cuadro 3. Pautas para la selección de herbicidas según la composición de la población de malezas presentes al momento de la siembra en el sistema de labranza de conservación.**

Herbicidas	Malezas predominantes					
	Anuales			Perennes <sup>1</sup>		
	Hoja ancha	Gramíneas	Mixta	Hoja ancha	Gramíneas	Mixta
paraquat	+ <sup>2</sup>	+	+	-	-	-
diquat	+	+	+	-	-	-
2,4-D amina o ester	+	-	-	+	-	-
dicamba	+	-	-	+	-	-
glifosato	+	+	+	+	+	+

<sup>1</sup> Las plántulas de malezas perennes pueden considerarse como anuales en relación a su respuesta a los herbicidas.

<sup>2</sup> + = controla; - = no controla. paraquat y diquat aplicados solos controlan a las malezas anuales en estadios tempranos de desarrollo: gramíneas con 1-2 macollos y dicotiledóneas hasta de 2 hojas

obtener un mejor control de especies de hoja ancha. La presencia de determinadas especies de malezas puede así mismo aconsejar el uso de mezclas de productos tales como 2,4-D + dicamba o 2,4-D + paraquat. Las recomendaciones para cada caso deben ser generadas a través de la investigación local.

**Control de las malezas que se desarrollaran durante el ciclo del maíz.**

El control de las malezas que aparecieran durante el ciclo de crecimiento del maíz, se puede llevar a cabo mediante aplicaciones preemergentes o poseemergentes. Los principales productos y rangos de dosis empleados en la aplicaciones preemergentes se muestran en el cuadro 4.

Los productos en el cuadro 4 controlan malezas anuales o plántulas de perennes que se hayan originado de semillas. En situaciones donde exista una población mixta de malezas, es recomendable hacer una mezcla de tanque de productos que controlen el espectro de malezas presente. Pueden existir en el mercado premezclas de productos tal como el PRIMAGRAM que contiene atrazina y metolactor. Al considerar el producto a aplicar es importante tener en cuenta las especies de malezas presentes; por ejemplo, en circunstancias donde abunde *Rottboellia cochinchinensis* es preferible usar pendimetalina como graminicida. Así mismo se debe pensar en la rotación de cultivos, sobre todo si al maíz va a seguir un cultivo sensible a la atrazina o a la simazina. Estos herbicidas son

**Cuadro 4. Herbicidas y rangos de dosis empleados en aplicaciones preemergentes en maíz.**

<i>Herbicidas</i>	<i>Nombre comercial más conocido</i>	<i>kg i.a./ha</i>	<i>Malezas controladas</i>
alaclor	LAZO	1.7-4.5	gramíneas
metolaclor	DUAL	1.8-3.4	gramíneas
pendimetalina	PROWL, HERBADOX, STOMP	0.6-2.2	gramíneas
atrazina	GESAPRIM	1.5-3.5	hoja ancha
cianazina	BLADEX	1.5-2.5	hoja ancha
simazina	GESATOP	2.4-4.0	hoja ancha

relativamente persistentes (aunque su residualidad va a depender de las características del suelo y del ambiente, así como de la dosis aplicada) y puede ser conveniente aplicar una triazina de menor residualidad como la cianazina. La decisión sobre la dosis a aplicar, dentro de los rangos mencionados, dependerá fundamentalmente de las características del suelo: nivel de materia orgánica, textura y pH. En general se deben utilizar las dosis más altas a medida que aumente el nivel de materia orgánica, el contenido de arcilla y sea menor el pH del suelo.

Los productos preemergentes se pueden aplicar conjuntamente con los productos destinados a controlar la vegetación existente al momento de la siembra. De esta manera, se ahorra una aplicación con el consiguiente beneficio económico y físico. La aplicación conjunta de ambos tipos de productos se puede hacer antes o después de la siembra. Si se aplican antes de la siembra, se debe considerar que la sembradora desplazara a los herbicidas residuales de la línea de siembra, por lo que podrá esperarse un menor control de malezas en la misma. Sin embargo, es posible que la aplicación de la mezcla después de la siembra disminuya el control de la vegetación existente en el caso que se usen paraquat o glifosato, si es que la operación de siembra deposita polvo sobre el follaje de las malezas, lo cual inactivara una fracción de los herbicidas mencionados.

El control de las malezas durante el desarrollo del maíz también se puede lograr con aplicaciones posemergentes de herbicidas. El cuadro 5 muestra algunas alternativas para aplicaciones totales (es decir mojando también al cultivo), así como en aplicaciones dirigidas.

**Cuadro 5. Herbicidas, rangos de dosis, malezas controladas y métodos de aplicación, para aplicaciones posemergentes en maíz.**

<i>Herbicidas</i>	<i>Nombre comercial más comun</i>	<i>kg i.a./ha</i>	<i>Malezas controladas</i>
<b>(Aplicaciones totales)</b>			
atrazina	GESAPRIM	1.5-3.5	hoja ancha
2,4-D amina	VARIAS	0.5-1.0	hoja ancha
2,4-D ester	VARIAS	0.3-0.6	hoja ancha
dicamba	BANVEL 480	0.24-0.36	hoja ancha
bentazona	BASAGRAN	0.72-1.2	hoja ancha
<b>(Aplicaciones dirigidas)</b>			
paraquat	GRAMOXONE	0.2-0.4	hoja ancha y gramíneas anuales
ametrina	GESAPAX	1.0-1.5	hoja ancha y gramíneas anuales

Aunque el 2,4-D y el dicamba aparecen recomendados para aplicaciones totales, es importante tener en cuenta que una vez que el punto del crecimiento del maíz está sobre el suelo (alrededor de la sexta hoja) las aplicaciones de estos dos productos deben hacerse en forma dirigida. Si esto no se hace así, el maíz puede presentar síntomas de fitotoxicidad tales como: torceduras de la planta, mayor fragilidad del tallo, desarrollo de raíces adventicias y hojas enrolladas.

La atrazina tiene mejor control de malezas si se aplica conjuntamente con surfactante no-iónico (0.1-0.5% v/v) o con aceite vegetal (1.0-2.0 l/ha). Si se usa aceite, se debe agregar surfactante para ayudar a producir la emulsión. Aunque la atrazina va a controlar fundamentalmente malezas de hoja ancha, también controlará gramíneas, si éstas se encuentran en estadios de desarrollo temprano (1-2 macollos). La bentazona es un producto que actúa esencialmente de contacto, y por lo tanto necesita una buena cobertura de las malezas. La aplicación

---

de bentazona sin surfactantes o aceites da como resultado, generalmente, un control pobre de malezas. Se pueden usar, como guías, las dosis mencionadas para la atrazina; la bentazona, sin embargo, no tiene efectos sobre gramíneas. Tanto el paraquat como la ametrina pueden producir quemaduras en el follaje del maíz, por lo que es necesario proteger al cultivo mediante el uso de campanas protectoras. La ametrina, a diferencia del paraquat, tiene efecto residual en el suelo, por lo que el control brindado será de mayor duración.

### **Características de los herbicidas usados en el maíz**

Las características de los principales herbicidas usados en el maíz, serán descritas en base a los siete grupos de herbicidas definidos en base al mecanismo de acción.

#### ■ **Reguladores del crecimiento del tipo auxínico**

**2,4-D, dicamba**--Este grupo de herbicidas causa efectos sobre el crecimiento similares a los producidos por hormonas auxínicas producidas naturalmente, tales como el AIA (ácido indol-acético). Los efectos más obvios en plantas susceptibles son los torcimientos y curvaturas (epinastia) de los tallos y hojas. Estos síntomas se pueden observar a las pocas horas después de la aplicación. La planta muere lentamente, y por lo general se requieren 3-4 semanas para que ocurra la muerte completa. El mecanismo preciso por el cual las plantas se deforman y mueren, no ha sido completamente elucidado. Aparentemente los reguladores del crecimiento estimulan la producción por parte de las células de cantidades excesivas de ácido ribonucleico, lo cual a su vez causa que los tejidos de las plantas se vuelvan meristemáticos. Las células experimentan una división y crecimientos descontrolados. El crecimiento de las hojas, tallos, y raíces es distorsionado, se agotan las reservas alimenticias, los tejidos vasculares se obstruyen o se rompen y al final la planta muere. Las malezas de hoja ancha son susceptibles a este grupo de herbicidas, en tanto que las gramíneas son normalmente tolerantes. La razón para esta selectividad no es conocida totalmente; es probable que involucre varios factores, incluyendo retención diferencial y metabolismo.

**2,4-D**--Las formulaciones más comunes del 2,4-D son las sales (aminas, sódicas o potásicas) y los ésteres. Las sales constituyen formulaciones solubles en agua y se consideran prácticamente no volátiles. Los ésteres, por el contrario, se formulan como concentrados emulsionables, y son volátiles. Por lo tanto cuando el cultivo a tratar esté en la proximidad de especies sensibles al 2,4-D no se deben emplear las formulaciones ésteres, e incluso si se usan formulaciones sales, se deben tomar precauciones en su aplicación.

El 2,4-D se mueve en el floema.

El 2,4-D toma carga negativa en la solución del suelo, y por lo tanto tiene facilidad en moverse por lixiviación. La persistencia en los suelos es corta; en condiciones ambientales normales, una dosis de 1.0 kg/ha desaparecerá en un lapso de entre 1 y 4 semanas.

*Dicamba*--El dicamba se formula como sal dimetilamina, soluble en agua. Puede formularse sólo o en mezclas con 2,4-D (Banvel-D).

El dicamba se puede absorber por raíces y follaje, y se transloca en la planta por el xilema y floema, o sea que es sistémico.

El dicamba tiene mas actividad a través del suelo que el 2,4-D. Bajo condiciones favorables su vida media es de 2 semanas; se lixivia fácilmente en el suelo.

#### ■ Inhibidores de la fotosíntesis

**Triazinas (atrazina, cianazina, simazina, ametrina), bentazona**--El sitio específico de acción de estos herbicidas es el cloroplasto. Tradicionalmente se ha descrito a estos productos como inhibidores de la reacción de Hill, o sea la fotólisis del agua donde se origina oxígeno y el poder reductor en forma de electrones. Aunque la inhibición de la fotosíntesis previene la formación de carbohidratos, los síntomas de daño (clorosis, secado del tejido foliar), son demasiado rápidos para ser causados sólo por la falta de azúcares. Se piensa que la clorosis se produce por la fotodestrucción de la clorofila, provocada cuando los electrones no pueden circular en su secuencia normal.

Las triazinas se aplican principalmente al suelo. Se mueven dentro de la planta en el xilema, exclusivamente. Los síntomas de daño se manifiestan típicamente en las hojas más viejas, en tanto que las nuevas hojas muestran menos efectos. En las hojas individuales, los síntomas de daño son más evidentes en las puntas y en los márgenes. Las triazinas son persistentes, en términos relativos, en los suelos y pueden provocar problemas a cultivos en rotación. Las triazinas tienden a ser más persistentes en condiciones áridas y con pH del suelo alto. Una excepción a esta regla es la cianazina, que sólo persiste en el suelo de 8 a 10 semanas. Las triazinas son adsorbidas por los coloides del suelo y no se recomiendan en suelos con niveles altos de materia orgánica.

**Bentazona**--Este herbicida produce necrosis y la muerte de la planta a los 2 a 7 días de la aplicación, a través de su interferencia con la fotosíntesis. La translocación es limitada, por lo que se necesita un mojado adecuado de las malezas; si no muere todo el tallo, ocurrirán rebrotes a partir de nuevas yemas. El control es óptimo cuando las malezas están pequeñas (2-10 hojas) y creciendo activamente. La bentazona no tiene actividad en el suelo a las dosis normales.

#### ■ Destruidores de la permeabilidad celular

**Paraquat, diquat**--Estos dos herbicidas pertenecen al grupo de los bipyridilos. Ambos herbicidas se transforman en radicales libres cuando se encuentran en células vivas. Esto ocurre al interceptar los electrones que se mueven en el sistema de transporte de la fotosíntesis. Los radicales libres formados son inestables y transfieren los electrones a otros compuestos, causando la formación de radicales super óxidos y peróxido de hidrógeno lo cual causa el daño a las membranas.

---

Estos herbicidas son cationes y se adsorben fuertemente a los coloides del suelo. Por lo tanto no tienen actividad en el suelo, y se usan sólo en aplicaciones foliares. Ambos son productos de contacto, requiriendo el agregado de surfactantes para aumentar el mojado y la penetración de las superficies foliares. Los efectos se manifiestan en pocas horas, en forma de marchitamiento.

La toxicidad para mamíferos del paraquat es alta (DL50 en ratas es 120 mg/kg), no teniendo un antídoto específico.

#### ■ Alteradores de la mitosis

**Pendimetalina**--La pendimetalina pertenece a la familia de las dinitroanilinas. Estos herbicidas no tienen actividad en el follaje. Son absorbidos fácilmente por las plántulas al germinar pero prácticamente no se mueven dentro de la planta. Los mayores efectos son en el crecimiento radicular, al cual detienen al interferir con la mitosis. Los síntomas incluyen un hinchado típico de las puntas de las raíces y la inhibición de la formación de raíces laterales o secundarias. Aunque el talluelo de la plántula puede emerger y parecer normal, la inhibición del desarrollo radicular conduce pronto a la muerte de toda la planta.

La pendimetalina tiene muy baja solubilidad en agua. Muestra mayor eficacia en maíz cuando se aplica en preemergencia, y posteriormente a la aplicación llueve o se riega.

#### ■ Inhibidores de la raíz o talluelo de las plántulas

**Alaclor, metolaclor**--Ambos herbicidas pertenecen a la familia de las cloroacetamidas. Entran fácilmente a las plántulas a través de talluelos y raíces, pero tienen una translocación limitada en las plántulas. Dentro de éstas afectan los puntos de crecimiento en raíces y tallos, donde retardan el crecimiento meristemático. La actividad a nivel del tallo en gramíneas se manifiesta como inhibición de la emergencia de las hojas del coleoptilo y hojas deformadas.

El metolaclor tiene mayor solubilidad en agua que el alaclor. Su residualidad en el suelo es limitada: 2.0 kg/ha de alaclor, en condiciones normales, desaparecen en 6-12 semanas, en tanto que la vida media del metolaclor es de 15 a 50 días.

#### ■ Inhibidores metabólicos generales

**Glifosato**--El glifosato tiene amplia movilidad dentro de las plantas, por lo cual resulta particularmente efectivo contra especies perennes, particularmente gramíneas. Carece de efectos en el suelo. El mecanismo de acción no está bien comprendido, aunque se sabe que inhibe la síntesis de aminoácidos y de proteínas. Es probable que posea también otros sitios de acción. Los síntomas en los tallos incluyen amarillamiento y marchitamiento, que avanza desde el tejido nuevo hacia el más viejo. Es posible que ocurra alguna deformación en el tejido nuevo. Los efectos se observan en 2-4 días en especies anuales, y en 7-10 días en las perennes. Si llueve dentro de las 6 horas de la aplicación, se puede reducir la efectividad de la aplicación.

**Referencias**

Agri-growth Research, Inc. 1986. Field Training Seminar.

Ross, M.A. and C.A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing Co. Minnesota. 340 pp.

Weed Science Society of America. 1983. Herbicide Handbook. Fifth Ed. 515 pp.

Weed Science Society of America. 1985. Weed Control in Limited-Tillage Systems. 297 pp.

Fancelli, A.L.. 1985. Atualizacao em plantío direto. Fundacao Cargill, S.P. Brasil. 343 pp.



# **Experimentación sobre labranza cero en maíz en la región costera del norte de Veracruz**

*A.D. Violic, F. Kocher, A.F.E. Palmer, T. Nibe*

---

## **Introducción**

En numerosos países, la aceptación y uso del sistema de labranza-cero para cultivos en hilera, en especial maíz, ha dado como resultado un gran avance en la conservación de suelos y agua, permitiendo al mismo tiempo el uso de suelos previamente considerados marginales para la agricultura. Este cambio tecnológico, al alejarse de los arados, rastras, cultivadoras y azadones, ha sugerido, sin duda alguna, numerosas preguntas entre los agricultores e investigadores, y también entre los conductores de las políticas de desarrollo.

Algunas de las preocupaciones de los investigadores y practicantes de la ciencia agronómica, tienen que ver con interrogantes sobre la forma de aplicación de los fertilizantes, las fuentes de nutrimentos y efectos de los residuos de la cosecha anterior en las poblaciones de insectos, además de las consideraciones de sobre cómo estos factores afectan los costos de producción y los rendimientos de grano.

La labranza-cero se puede definir como un sistema de preparación de la cama de siembra en la cual no hay movimiento del suelo, excepto el estrictamente necesario para permitir la introducción de la semilla. Existe todo un espectro de sistemas de labranza reducida que comprende a veces el uso de herbicidas, de cubierta de rastrojo (mantillo) o ambos. Estos sistemas han sido descritos por Lal (1979b) y Unger y McCalla (1981).

En este trabajo se presentan algunos resultados de experimentos en maíz efectuados en la zona de trópico bajo del norte del Estado de Veracruz, México, en los que se comparan la labranza convencional con la labranza-cero en combinación con diversas variables de tipo agronómico y económico. En esa región, las temperaturas y lluvias permiten el cultivo del maíz durante la mayor parte del año.

## **Antecedentes al trabajo experimental**

El CIMMYT ha estado impartiendo sistemáticamente cursos de capacitación en investigación sobre producción de maíz desde 1971. Cada año, el CIMMYT recibe dos grupos de profesionales que asisten a cursos de capacitación, cuya duración coincide con un ciclo completo de desarrollo del maíz, y participan activamente en un programa de investigación en producción conducido en campos de agricultores en el área costera de la parte norte del Estado de Veracruz, en México. Estos profesionales son de ordinario ingenieros agrónomos que desempeñan la especialidad de investigación en producción de maíz, a los que se suman algunos especialistas en extensión agrícola, todos ellos procedentes de diversos países de África, Asia y América Latina. Su capacitación forma parte de una estrategia de investigación para ser desarrollada tanto en estaciones experimentales como en campos de agricultores. Mayores detalles de esta estrategia se encuentran en trabajos de Violic et. al., (1981) y Palmer et. al., (1980; 1982).

Se escogió la región comprendida entre Poza Rica, Tuxpan y Alamo, en el norte de Veracruz, como lugar para la enseñanza práctica, debido a que se trata de un área típica del trópico bajo, donde se cultiva el maíz durante todo el año. La mayor parte de los profesionales participantes, vienen de áreas similares. El CIMMYT opera, además, una estación experimental cerca de Poza Rica, la cual

---

sirve como centro logístico para la investigación en campos de agricultores. El área de trabajo se caracteriza por colinas bajas y valles de suelos planos, generalmente vertisoles, más profundos en los valles que en las laderas.

El rango de altitud va desde el nivel del mar hasta los 200 m., y todo el maíz en el área se cultiva de temporal. La pluviometría anual tiene un promedio de 1,200 mm con una considerable variación anual y estacional. El período más lluvioso es el comprendido entre junio y septiembre, pero con bastante frecuencia se presentan largos períodos de sequía durante la estación de lluvias y esto puede ocasionar más daños que los períodos sin lluvia de la parte seca del año, porque la temperatura y la evapotranspiración son mayores en la época lluviosa. En estos suelos de textura arcillosa, la sequía y las inundaciones constituyen problemas frecuentes para los productores de maíz. La oportunidad para las operaciones de labranza y para la preparación de suelos y escardas para el control de malezas se dificultan bastante en estos suelos debido a la lluvia errática y no confiable. La mayor parte de las operaciones mecanizadas se realizan por contrato, lo cual aumenta más aún el problema de la falta de oportunidad para efectuar las labores a tiempo.

La unidad de capacitación del CIMMYT ha trabajado casi exclusivamente con ejidatarios, que son los beneficiarios de la reforma agraria en México; éstos producen casi todo el maíz que se cultiva en el área. Los ejidatarios de la región poseen generalmente de dos a veinte hectáreas de terreno, y el maíz constituye su cultivo anual más importante. El cultivo continuo del maíz es una rotación muy común en la zona, y los medios más corrientes de preparación de suelo para este cereal son una aradura seguida por un paso de rastra de disco y, a veces, surcado. En otros casos, tanto los restos del cultivo anterior como las malezas se cortan al ras del suelo con azadón o machete, procediéndose de inmediato a la siembra con espeque. Como podría esperarse, este último procedimiento es el más común en las laderas, en tanto que la preparación mecanizada de la cama de siembra es más frecuente en los terrenos planos. El manejo del mantillo que resulta de afeitar el suelo con azadón o machete, varía desde la quema hasta su colocación - hilera por medio - entre los surcos de maíz. A veces, el mantillo se distribuye uniformemente sobre toda la superficie del suelo. Sin embargo, salvo muy raras excepciones, los herbicidas no constituyen un insumo en estos sistemas, y los agricultores sólo confían en los efectos de sombra y alelopáticos del mantillo y/o en el desyerbe con azadón para controlar las malezas. Algunos agricultores usan cultivadores de tracción animal en suelos preparados en forma convencional. Toda la siembra se efectúa a mano con espeque, por lo cual ni los terrones que con frecuencia resultan de una preparación a destiempo del suelo, ni los residuos de malezas resultantes del sistema tradicional de labranza-cero, causan dificultades serias en la siembra.

El uso de fertilizantes en maíz es reducido debido tanto al desconocimiento de su uso como a los riesgos relacionados con el clima por exceso o falta de lluvias, y a la ineficiencia del control de malezas por parte de los agricultores del área. El rango de rendimiento de maíz en la zona parecen situarse entre 700-1500 kg/ha, con un promedio inferior a los 1.000 kg/ha. Por lo general, los rendimientos son más altos en el ciclo diciembre a mayo que en el ciclo junio a noviembre.

La mano de obra para las operaciones agrícolas es escasa en el área, lo que es particularmente crítico para el control manual de malezas con azadón. En el mejor de los casos, el desmalezado con azadón se hace por lo común a destiempo por cuanto generalmente un solo hombre tiene a su cargo el desyerbe de una a dos hectáreas, y su rendimiento no es mayor a quince días por hectárea.

La experiencia del CIMMYT en el uso de labranza convencional en los experimentos efectuados para la capacitación de los participantes desde el comienzo de la década de los setenta, destacó muy pronto como limitantes de la producción, los problemas de operación en la preparación del suelo y control de malezas en el cultivo por medios mecánicos. Por esta razón, en 1976 se decidió probar la labranza-cero cuyo éxito permitió su casi inmediata adopción en los ensayos de investigación en producción, luego de varios ciclos de prueba de distintos tipos de combinaciones y dosis de herbicidas, métodos de disponer de los residuos de cultivos, métodos de siembra, fertilización, etc. Así se llegó a implementar un sistema de labranza-cero muy eficiente y exitoso para maíz en esa zona. La unidad de capacitación del CIMMYT posee, además, experiencias *in extenso* que aseguran que el sistema de labranza-cero puede mecanizarse fácilmente en esta zona, superando a la labranza convencional en costo, oportunidad de labores y conservación de agua, suelo y energía (Kocher et. al., 1982).

Entre los años 1976 y 1980 se manejaron localidades experimentales completas en las que se empleaba indistintamente labranza-cero o labranza convencional, sin hacer comparaciones directas entre los dos sistemas dentro de un experimento dado. En la actualidad se cuenta con información de varios ciclos de cultivo, en los que se han comparado los dos sistemas en un mismo experimento. El sistema de labranza-cero parece ofrecer ventajas, tanto bajo condiciones de sequía como bajo condiciones de exceso de agua, y los rendimientos máximos bajo los dos sistemas han sido prácticamente los mismos, alcanzando hasta las seis toneladas por hectárea.

### **Revisión de literatura**

Las investigaciones conducidas en los trópicos en la última década, muestran que con el sistema de labranza-cero, los rendimientos de maíz son iguales o superiores a los obtenidos con el sistema de labranza convencional (Lal, 1975; Carballo, 1979; Juo y Lal, 1979; Lal, 1979b; Aina, 1981; Del Rosario et. al., 1981; Khan et. al., 1981).

En los ciclos secos, las diferencias de rendimiento entre ambos sistemas son aún mucho mayores, en favor de la labranza-cero (Lal, 1975; Aina, 1981).

El efecto del sistema de labranza-cero en la incidencia de insectos, ha sido igual o menor que en labranza convencional en la República Dominicana (Del Rosario et. al., 1981), en Costa Rica (Carballo, 1979; Shenk y Saunders, 1982), en Guatemala (Monzón y Maldonado, 1982), en Canadá (Tyler y Ellis, 1974) y en los EE.UU (Daniels y Chedester, 1980, All y Gallaher, 1976). También se encuentran algunos informes provenientes de climas templados que se contradicen con los anteriores (Musick, 1970; Gregory y Raney, 1980).

---

En relación a la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados en función de los sistemas de labranza convencional y cero, numerosos autores, tanto en climas tropicales (Lal, 1979) como templados (Triplett et. al., 1969; Moschler et. al., 1972; Blevins et. al., 1978; Phillips et. al. 1980), informan que este elemento, aplicado en la superficie del suelo en el sistema de labranza-cero, es tan eficiente o más que la aplicación incorporada en la labranza convencional. En el caso del fósforo se ha encontrado algo similar; es decir, que este elemento aplicado en forma superficial, da respuestas similares o mejores que cuando se incorpora al suelo en sistemas de labranza convencional (Singh et. al., 1966; Shear y Moschler, 1969; Triplett et. al., 1969; Moschler et. al., 1972; Triplett y Yunusa, 1972; Fink y Wesley, 1973; Moschler y Martens, 1975; Kang y Yunusa, 1977).

Fox (1978) trabajando con fuentes de nitrógeno, como nitrato de amonio, urea, solución de nitrógeno y sulfato de amonio, encontró que con niveles de 60 kg/ha, todas las fuentes se comportaban igual, pero que a niveles mayores (100, 200 kg N/ha), el sulfato de amonio era más eficiente que la urea.

## **Materiales y métodos**

Los experimentos presentados aquí fueron sembrados en campos de agricultores durante los ciclos 1981 A (invierno), 1981 B (verano) y 1982 A (invierno). Los resultados de dos tipos de experimentos, uno sobre *Sistemas de Labranza x Fertilización* consistente en un grupo de cinco ensayos, y otro sobre *Labranza x Control de Insectos*, con diez ensayos, se presentan aquí. La variedad usada en los experimentos efectuados en 1981 fue Tuxpeño Planta Baja ciclo 13 (13 ciclos de selección para reducir la altura de planta), mientras que en 1982 se usó la variedad experimental del CIMMYT, Poza Rica 7822, seleccionada de la población Mezcla Tropical Blanca.

### ■ Experimentos de sistema de labranza x fertilización

Se usó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de  $2^4$  con dos repeticiones; cada repetición se dividió en dos bloques de ocho tratamientos cada uno con la interacción de tercer orden confundida con el efecto de bloques. Los tratamientos fueron los siguientes: A, labranza con mantillo vs labranza convencional; B, sulfato de amonio vs urea como fuente de nitrógeno; C, colocación de estos fertilizantes en un hoyo, cerca de la semilla vs su aplicación al voleo; y D, colocación de superfosfato triple en un hoyo, cerca de la semilla vs su aplicación al voleo. Todo el fertilizante se aplicó en la siembra, en dosis uniforme de 100-40-0 kg/ha. La semilla fue tratada con Furadan y Arasan. Más tarde, y cada vez que más del 30% de las plantas mostraban daño causado por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), se aplicó Furadan granulado en el cogollo a razón de 1 kg i.a./ha. El tamaño de la parcela fue de seis surcos de 5 m de longitud con una separación de 80 cm entre surcos, y una densidad de 50,000 plantas/ha. Para la estimación del rendimiento se consideraron solamente los dos surcos centrales, descontándose el primero y el último golpe de cada hilera.

#### ■ Experimentos de labranza x control de insectos

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones: labranza-cero con mantillo, labranza-cero sin mantillo y labranza convencional sin mantillo, combinando, a su vez, cada uno de ellos con dos niveles de control de insectos : semilla tratada con Furadan y aplicación de Furadan granulado en el cogollo, vs no control de insectos. El tamaño de las parcelas, densidad y cantidad de fertilizante usado fueron los mismos que en los experimentos anteriores, usándose sulfato de amonio como fuente de nitrógeno y superfosfato triple como fuente de fósforo.

En ambos experimentos, las parcelas correspondientes a labranza convencional se prepararon con un pequeño rotocultivador después de quitar todos los restos vegetales del cultivo anterior y de malezas. En estas parcelas, el control de malezas se efectuó mediante la aspersión de 1 kg/ha de atrazina como Gesaprim 50 aplicado con bomba de mochila. Los restos del cultivo precedente y los residuos de malezas en los tratamientos de labranza cero con mantillo se cortaron con machete al ras del suelo y se dejaron sobre la superficie. En labranza-cero sin mantillo todo el rastrojo se rastrilló y se sacó fuera de la parcela. El control de malezas en las parcelas de labranza-cero se efectuó mediante la aplicación de 0.4 kg/ha de paraquat (2 l/ha de gramoxone 20% i.a) más surfactante no-iónico y 1 kg/ha de atrazina. Ambos herbicidas se aplicaron inmediatamente después de la siembra con bomba de mochila. Todos los herbicidas se aplicaron en 400 l/ha de agua.

La siembra en ambos experimentos se efectuó con espeque. La información obtenida de los cinco experimentos de *Labranza x Fertilización* y los diez de *Labranza x Control de Insectos*, conducidos en varias localidades, se presentan a continuación. Todas estas localidades se consideran como pertenecientes a un mismo dominio de recomendación. En otras palabras, todos los agricultores cooperadores representarían a un sólo grupo para el cual una misma recomendación sería válida.

## **Resultados y discusión**

#### ■ Experimentos de Labranza x Fertilización

**Análisis Estadístico y Agronómico**--Los rendimientos promedio de los tratamientos para cada una de las localidades individuales, y los promedios de rendimiento para tratamientos a través de las cinco localidades se presentan en el Cuadro 1. El ciclo 1981 B fue excesivamente lluvioso y con anegamientos prolongados, por cuya razón los rendimientos fueron más bajos que aquéllos de 1981 A y 1982 A. Por otra parte, los rendimientos en 1981 A fueron más bajos que los correspondientes a 1982A, debido al ataque generalizado de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*).

Los rendimientos promedio para los factores principales en las cinco localidades y el promedio a través de localidades se presentan en el Cuadro 2, junto con sus niveles de significación respectivos.

**Cuadro 1. Rendimientos promedio en ton/ha de grano de maíz por tratamiento en cinco localidades y promedios a través de localidades de los experimentos de sistemas de labranza por fertilización.**

<i>Claves y denominaciones de los tratamientos</i>		<i>Tierra blanca 1981 A</i>	<i>Tierra blanca 1981 B</i>	<i>Zapotalillo 1981 B</i>	<i>Zapotalillo 1982 A</i>	<i>Copal 1982 A</i>	<i>Promedio Localidades</i>
1000	A	2.74	1.88	0.81	3.24	4.62	2.65
0100	B	3.53	1.67	2.10	3.31	3.99	2.92
0010	C	2.63	2.35	1.37	2.62	4.03	2.60
0001	D	3.09	2.13	1.21	3.06	4.51	2.80
1100	AB	3.65	1.66	1.60	2.84	4.87	2.92
1010	AC	2.82	0.78	1.59	2.92	4.44	2.51
1001	AD	3.26	1.74	1.82	2.80	4.32	2.78
0110	BC	2.43	1.66	1.32	3.02	4.62	2.61
0101	BD	4.00	2.10	2.25	3.24	4.68	3.25
0011	CD	2.19	1.33	1.12	3.20	4.76	2.52
1110	ABC	2.63	1.16	1.54	3.16	4.26	2.55
1101	ABD	2.98	2.01	1.86	2.52	4.05	2.68
1011	ACD	1.92	0.51	0.96	2.80	3.57	1.95
0111	BCD	2.63	1.81	1.13	2.55	4.24	2.47
1111	ABCD	2.90	1.36	1.79	2.95	4.22	2.64
0000	(1)	2.55	2.00	1.09	2.91	4.67	2.65

— Fósforo: 0 = Aplicado en hoyo; 1 = aplicado al voleo  
 — Nitrógeno: 0 = aplicado en hoyo; 1 = aplicado al voleo  
 — Fuente N: 0 =  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; 1 =  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
 — Labranza: 0 = Labranza-cero; 1 = convencional

El efecto de los métodos de labranza fue significativo solamente en una localidad, favorable a la labranza-cero sobre la convencional; el efecto de fuente de nitrógeno fue significativo en dos localidades en favor de la urea sobre el sulfato de amonio; el método de aplicación de nitrógeno fue significativo en dos localidades en las que la colocación de nitrógeno en un hoyo, cerca de la semilla, superó a su aplicación al voleo. En cuanto a métodos de aplicación de fósforo, localizado vs al voleo, no hubo diferencias significativas en ninguna localidad. En el análisis combinado de las localidades, solamente el método de aplicación de nitrógeno mostró efectos significativos, favoreciendo la colocación en el hoyo. Ninguna de las interacciones fueron significativas. Experimentos adyacentes a los de labranza por fertilización, donde se probaron niveles de nitrógeno y fósforo en las mismas localidades, no mostraron respuesta a fósforo, de tal modo que no se esperaba respuesta a métodos de aplicación; sin embargo, en esos mismos experimentos hubo respuesta a nitrógeno.

En los análisis de localidades sólo hubo respuesta significativa al método de aplicación de nitrógeno, donde la localización de este elemento produjo mayor rendimiento que su aplicación al voleo. El análisis de varianza combinado para las

**Cuadro 2. Efectos de sistemas de labranza, fuentes de N y métodos de aplicación de N y P sobre el rendimiento en grano de maíz en ton/ha por ciclo de cultivo y localidades, y promedios a través de ciclos y localidades.**

Tratamientos		Localidades y Ciclos					Promedio
		81A Tierra Blanca	81B Tierra Blanca	81B Zapo- talillo	82A Zapo- talillo	82A Copal	
Método de Labranza	Cero	2.88	1.89	1.45	2.99	4.43	2.73
	Convencional	2.85	1.39	1.50	2.91	4.29	2.59
Fuente de N	S. amonio	2.64	1.59	1.25	2.95	4.36	2.56
	Urea	3.09	1.68	1.70	2.95	4.37	2.76
Método de Aplicación (N)	Localizado	3.22	1.90	1.59	2.99	4.46	2.83
	Al voleo	2.52	1.37	1.35	2.91	4.26	2.48
Método de Aplicación (P)	Localizado	2.87	1.65	1.43	3.00	4.43	2.68
	Al voleo	2.86	1.63	1.52	2.89	4.29	2.64
Interacciones		NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV%		15.5	40.0	35.2	14.8	13.8	20.6

NS = No significativo, según prueba de F para alfa = 0.05

cinco localidades se presenta en el Cuadro 3. El coeficiente de variación de 20.6% se puede considerar como aceptable para ensayos en campos de agricultores. No hubo interacciones significativas.

**Análisis Económico**--Para el análisis económico de los datos de estos experimentos se usaron las técnicas de Presupuesto Parcial, descritas por Perrin et. al. (1976). Para formular a los agricultores una recomendación basada en estos experimentos, sólo se debe usar el análisis de Presupuesto Parcial cuando el análisis de varianza muestre efectos significativos. Para aquellos factores cuyos efectos no sean significativos, se elegirá el tratamiento de costo más bajo y mayor conveniencia agronómica. Por cuanto el costo de labranza-cero es menor que el de labranza convencional (ver análisis de Presupuesto Parcial para el experimento de *labranza x control de insectos*), la recomendación será labranza-cero. Por cuanto en el área del estudio, los costos por kilogramo de nitrógeno fueron más bajos en forma de urea que como sulfato de amonio, la recomendación sería urea. Debido a que no hubo respuestas a fósforo en experimentos adyacentes, no se recomendaría la aplicación de fósforo.

**Cuadro 3. Experimento de sistemas de labranza x fertilización. Análisis de varianza de localidades.**

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>s<sup>2</sup></i>
Localidades	4	175.75	43.93**
Repeticiones en localidades	5	6.69	1.34**
Tratamientos	15	-	-
A	1	0.81	-
B	1	1.60	-
C	1	4.90*	-
D	1	0.06	-
AB	1	0.03	-
AC	1	0.00	-
AD	1	0.45	-
BC	1	0.03	-
BD	1	0.10	-
CD	1	0.70	-
Interacciones			
2o y 3er orden	5	2.56	-
Localidades x tratamientos	60	15.63	0.26
Error	75	22.36	0.30
Total	159	231.64	

\* , \*\* = significativos al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

La diferencia en rendimiento por la aplicación localizada de nitrógeno vs al voleo, fue significativa en favor de la aplicación localizada. El análisis económico comparativo de estos dos tratamientos se presenta en el Cuadro 4.

Dado que no hubo diferencias significativas en rendimiento, ni entre los niveles de los demás factores, ni entre las interacciones, los promedios para nitrógeno localizado y nitrógeno a través de los demás tratamientos de costo entre estas dos formas de aplicar nitrógeno es muy pequeña (\$112.00/ha). La tasa de retorno marginal (TRM) es :

$$TRM = \frac{BN \text{ localizado} - BN \text{ Nitrógeno voleo} \times 100\%}{CTV \text{ localizado} - CTV \text{ al voleo}} = 1213\%$$

(donde BN = beneficios netos y CTV son los costos totales que varían)

Si se considera que en la época del estudio la tasa de retorno mínima que los agricultores del área deberían de exigir para invertir era de aproximadamente

**Cuadro 4. Análisis económico para el experimento de labranza x fertilización usando promedios de tratamiento a través de 5 localidades, con precios en el área efectivos en Abril de 1982.**

	<i>Aplicación del nitrógeno</i>	
	<i>localizado</i>	<i>al voleo</i>
Rendimiento (ton/ha)	2.83	2.48
Rendimiento ajustado (ton/ha)	2.26	1.98
Beneficio bruto (\$Mex/ha)	11,865	10,395
Aplicación de fertilizantes/ha (\$/ha) <sup>1</sup>	150	38
Costos totales variables (C.T.V.) (\$/ha)	150	38
Beneficios neto (\$/ha)	11,715	10,357

<sup>1</sup> 1 hombre-día/ha para la aplicación de N en el hoyo y 0.25 hombre-día /ha para la aplicación al voleo.

12%. (Harrington et. al., 1982), es obvio que la aplicación localizada de nitrógeno es altamente redituable. Así, en lugares donde se siembra a mano, sería recomendable la aplicación de nitrógeno en un hoyo próximo al de la semilla, así como la aplicación localizada de nitrógeno, en casos de siembra mecanizada. Convendría comprobar estos resultados en el área, en experimentos de verificación, (Violic et. al., 1981)

En resumen, como resultado de estos experimentos conducidos en cinco localidades del área, la recomendación a los agricultores sería la de usar labranza-cero, con urea como fuente de nitrógeno, localizado cerca de la semilla.

#### ■ Experimento de labranza x control de insectos

**Análisis estadístico y agronómico**--Los rendimientos promedio de los tratamientos para cada localidad, y los rendimientos promedio a través de diez localidades, se presentan en el Cuadro 5. Aquí, también, los bajos rendimientos del ciclo 1981 B se debieron a anegamientos prolongados debido a una alta caída pluviométrica. La prueba de rango múltiple de Duncan a que se sometieron los promedios de rendimiento, indica que el tratamiento 011, correspondiente a labranza-cero con mantillo y aplicación de insecticida, fue significativamente superior a los otros cinco tratamientos.

El análisis de varianza para rendimiento a través de las diez localidades se presenta en el Cuadro 6. El valor de F para tratamientos fue significativo al nivel de probabilidad del 1%. El Cuadro 7 consigna las cinco comparaciones ortogonales posibles en que se repartió la suma de cuadrados para tratamientos.

**Cuadro 5. Rendimientos promedio en ton/ha de grano de maíz por tratamiento en 10 localidades y promedios a través de localidades de los experimentos de labranza x control de insectos.**

Tratamientos	Clave	Mamey	CICLO 81 A			CICLO 81 B			CICLO 82 A			Promedio
			Indepen. Na- cional II	Tierra Blanca	Zapo- talillo	Copal	Papa- tlarillo	Zapo- talillo	Mia- huapan	Zapo- talillo	Copal	
Labranza-cero con mantillo sin insecticida	010	2.56	3.81	2.09	3.07	2.07	1.62	1.00	4.36	3.74	3.66	2.80 bc*
Labranza-cero con mantillo con insecticida	011	3.93	4.79	2.39	3.42	2.07	1.96	1.25	4.32	3.33	4.43	3.18 a
Labranza-cero sin mantillo sin insecticida	000	2.82	3.89	1.76	2.39	1.50	1.79	1.30	3.83	2.70	3.32	2.53 cd
Labranza-cero sin mantillo con insecticida	001	3.10	5.11	1.83	2.66	2.28	1.18	1.69	4.00	2.52	3.82	2.82 bc
Labranza-conv. sin mantillo sin insecticida	100	3.19	3.20	2.57	2.12	1.45	0.67	1.14	3.83	2.55	4.42	2.51 d
Labranza-conv. sin mantillo con insecticida	101	2.94	4.32	2.98	3.01	2.34	1.23	1.46	4.33	2.30	4.41	2.93 b

Insecticida : 0 = Sin insecticida; 1 = con insecticida  
 Mantillo: 0 = Sin mantillo; 1 = con mantillo  
 Labranza: 0 = Labranza-cero; 1 = convencional

\* Los rendimientos promedio que comparten una misma letra no difieren significativamente (Duncan 0.05)

La diferencia entre labranza-cero y labranza convencional no fue estadísticamente diferente, pero las otras tres comparaciones ortogonales: labranza-cero con mantillo vs labranza-cero sin mantillo; control de insectos vs no control en labranza-cero con mantillo; e insecticidas en labranza convencional, mostraron efectos significativos. Los rendimientos para estas comparaciones por localidad y a través de localidades, junto con sus niveles de significación, se presentan en el Cuadro 8.

Se puede concluir, con base en los análisis estadísticos, que no existen diferencias significativas en rendimiento entre ambos métodos de labranza. En cuanto a las comparaciones entre control de insectos mediante el tratamiento de la semilla con Furadan, complementado con la aplicación de Furadan granulado al cogollo, y no control de insectos, en ambos tipos de labranza, con o sin mantillo, el control de insectos incrementó el rendimiento significativamente en todos los casos. Por

**Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento a través de localidades del experimento de labranza x control de insectos.**

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>s<sup>2</sup></i>
Localidades	9	248.70	27.63
Repeticiones en localidades (a)	30	14.72	0.06
Tratamientos	5	12.85	2.57**
Localidades x tratamientos	45	30.81	0.68**
Error (b)	150	47.02	0.31
Total	239	354.10	-
CV = 19.6%			
** = Significativos al nivel de probabilidades de 0.01			

**Cuadro 7. Comparación ortogonal de los tratamientos del experimento de labranza x control de insectos, a través de localidades.**

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>s<sup>2</sup></i>
Tratamientos	5	12.85	2.57**
Labranza-0 vs convencional	1	0.64	-
Labranza-0 con mantillo vs Labranza-0 sin mantillo	1	4.01**	-
En labranza-0 con mantillo no insecticida vs insecticida	1	3.09**	-
En labranza-0 sin mantillo no insecticida vs insecticida	1	1.71*	-
En labranza convencional no insecticida vs insecticida	1	3.40**	-
*, ** Significativos al nivel de probabilidades de 0.05 y 0.01, respectivamente.			

**Cuadro 8. Experimentos de labranza x control de insectos. Comparaciones ortogonales entre los tratamientos que se indican, para 10 localidades y promedio a través de localidades. Los rendimientos se expresan en ton/ha de grano seco.**

Comparaciones	CICLO 1981 A				CICLO 1981 B			CICLO 1982 A			
	Mamey	Nac. II	Blanca	Zapot.	Copal	Pap.	Zapot.	Mih.	Calvo	Copal	Promedio
Labranza-0 vs Labranza conv.	3.10	4.40*	2.01**	2.88	1.98	1.64**	1.32	4.13	3.07*	3.80*	2.83
	3.07	3.76	1.39	1.29	1.89	0.95	1.30	4.08	2.42	4.42	2.46
Labranza-0 con mantillo Labranza-0 sin mantillo	3.24	4.30	2.24	3.24*	2.07	1.79	1.12	4.34	3.53**	4.04	2.99**
	2.96	4.50	1.80	2.52	1.89	1.48	1.52	3.92	2.61	3.57	2.68
Labranza-0 con mantillo sin insecticida con insecticida	2.56*	3.80*	2.09	3.06	2.08	1.62	1.00	4.35	3.74	3.66*	2.80
	3.93	4.79	2.39	3.42	2.07	1.96	1.25	4.32	3.33	4.42	3.19
Labranza-0 sin mantillo sin insecticida con insecticida	2.82	3.89**	1.76	2.38	1.50*	1.79	1.35	3.83	2.70	3.32	2.53*
	3.10	5.11	2.98	2.66	2.34	1.17	1.69	4.00	2.52	3.82	3.04
Labranza convencional sin insecticida con insecticida	3.19	3.20*	2.57	2.15*	1.45*	0.68	1.14	3.83	2.54	4.42	2.52**
	2.94	4.42	2.98	3.01	2.33	1.22	1.46	4.33	2.30	4.41	2.93
CV (%)	31.8	13.2	24.9	18.7	26.6	28.4	46.2	12.8	19.8	12.1	19.6
promedio (ton/ha)	3.09	4.19	2.29	2.78	1.95	1.41	1.31	4.11	2.86	4.01	

\*, \*\* Significativos al nivel de probabilidades de 0.05 y 0.01, respectivamente

lo tanto, en términos agronómicos, ambos sistemas de labranza produjeron el mismo rendimiento en el área de Poza Rica/Tuxpan, y el uso de Furadan fué efectivo para el incremento de los rendimientos.

**Análisis Económico**--El presupuesto parcial para los seis tratamientos de este experimento se presenta en el Cuadro 9, en términos de beneficio neto (BN) y costos totales que varían (CTV) para los promedios de localidades.

Los herbicidas usados en este experimento bajo ambos sistemas de labranza se describen al pie del Cuadro 9. Muchos agricultores, tanto los que usan labranza-cero como labranza convencional, acostumbran a amontonar y quemar el rastrojo cortado. Por eso, en los experimentos aquí descritos, se retiró el mantillo de todas las parcelas de labranza convencional antes de preparar el suelo con rotocultivador, y también de las parcelas correspondientes a los tratamientos de labranza-cero sin mantillo. Logicamente, no se incluyeron tratamientos de labranza convencional con mantillo ya que no sería práctico que los agricultores lo quitaran y volvieran a colocarlo en su lugar después de preparar el suelo.

**Cuadro 9. Análisis económico para el experimento de labranza x control de insectos, usando los promedios de tratamientos a través de 10 localidades, considerando precios efectivos en abril de 1982, en pesos Mexicanos.**

<i>Beneficios y costos totales que varían</i>	<i>Tratamientos*</i>					
	<i>010</i>	<i>011</i>	<i>000</i>	<i>001</i>	<i>100</i>	<i>101</i>
Rendimiento ton/ha	2.80	3.18	2.53	2.82	2.51	2.93
Rendimiento ajustado	2.24	2.54	2.02	2.26	2.01	2.34
Beneficio bruto	11,760	13,335	10,605	11,865	10,553	12,285
1- Tratamiento de semilla/ha	-	500	-	500	-	500
2 - Corte del rastrojo con machete/ha	600	600	600	600	-	-
3.- Amontonamiento y quema rastrojos/ha	-	-	300	300	300	300
4 - Preparación del suelo/ha	-	-	-	-	2000	2000
5 - Herbicidas/ha	1,284	1,284	1,284	1,284	1,252	1,252
6 - Siembra/ha	600	600	600	600	300	300
7 - Aplicación de fertilizantes/ha	38	38	38	38	150	150
8 - Insecticidas/ha	-	840	-	840	-	840
9 - Aplicación de insecticidas/ha	-	150	-	150	-	150
Costos totales que varían (CTV)	2,522	4,012	2,822	4,312	4,002	5,492
Beneficio Neto (BN)	9,238	9,323	7,783	7,553	6,551	5,739
1 - Protección de semilla con Furadan y Arasan 2 - 4 días-hombre/ha 3 - Amontonar y quemar rastrojos. (2días/hombre/ha) 4 - Labranza convencional mecanizada (incluye arada, rastraje y surcado) 5 - En labranza-cero: 2 1 Gramoxone + 2 kg Gesaprim 50/ha. En convencional, 4 kg Gesaprim 50/ha 6 - En labranza-cero: 4 días hombre/ha. En convencional, 2 días-hombre/ha 7 - En labranza-cero: 0.25 días-hombre/ha para aplicar al voleo. En labranza convencional, 1 día hombre para aplicación del fertilizante localizado 8 - Furadan al 5% (granulado): 10 kg/ha 9 - 1 día-hombre/ha						
* las claves numéricas usadas para identificar las combinaciones entre los dos niveles de cada uno de los tres factores corresponden a los mismos tratamientos descritos en el cuadro 5.						

Para formular recomendaciones, se deben comparar, como primer paso, los sistemas de labranza. Como no se encontraron diferencias en rendimiento, se debe escoger la opción más barata y agronómicamente eficiente, esto es, labranza-cero. Como segundo paso deberá de tomarse una decisión en cuanto a dejar el mantillo en su lugar o retirarlo.

Los presupuestos parciales para ambos tratamientos o alternativas (promedios de labranza cero con y sin mantillo) a través de insecticidas se presentan en el Cuadro 10. Se aprecia claramente que el tratamiento de labranza-cero sin mantillo queda dominado por labranza-cero con mantillo, pues produce un beneficio neto menor para un mayor costo total que varía (CTV).

**Cuadro 10. Presupuestos parciales para labranza-cero con mantillo y labranza-cero sin mantillo usando los promedios para tratamientos a través de 10 localidades del experimento de labranza x control de insectos, usando precios efectivos en abril de 1982**

<i>Rendimientos, costos y beneficios</i>	<i>Tratamientos</i>	
	<i>Labranza-cero con mantillo</i>	<i>Labranza-cero sin mantillo</i>
Rendimiento (ton/ha)	2.99	2.68
Rendimiento ajustado (ton/ha)	2.39	2.14
Beneficio bruto (\$Mex/ha)	12,548	11,235
Amontar y quemar rastrojo (\$/ha)	--	300
Costos totales que varían (\$/ha)	--	300
Beneficio neto (\$/ha)	12,548	10,935

El tercer paso, consiste en tomar una decisión en cuanto al control de insectos en un sistema de labranza-cero con mantillo. Los presupuestos parciales para tal comparación (i.e. 010 vs 011) se presentan en el Cuadro 11. Al calcular la Tasa de Retorno Marginal (TRM) para el uso de insecticidas se tiene :

$$TRM = \frac{BN \text{ para } 011 - BN \text{ para } 010 \times 100}{CTV \text{ para } 011 - CTV \text{ para } 010} = 5.7\%$$

Este valor no se considera rentable, dado que el costo del capital en la zona del estudio alcanzaba al 12% para aquellos agricultores que sembraban maíz usando crédito oficial.

De allí que, considerando los análisis estadístico, agronómico y económico, se desprenda que la mejor alternativa sería la de producir maíz bajo labranza-cero con mantillo y sin Furadan.

**Cuadro 11. Presupuestos parciales para labranza-cero con y sin insecticida, usando promedios de tratamientos a través de 10 localidades, en el experimento de labranza y control de insectos, usando precios efectivos en el área de estudio efectivos en abril de 1982, en pesos Mexicanos.**

<i>Rendimientos, costos y beneficios</i>	<i>Tratamientos</i>	
	<i>010</i>	<i>011</i>
Rendimiento (ton/ha)	2.80	3.18
Rendimiento ajustado (ton/ha)	2.24	2.54
Beneficio bruto (\$/ha)	11,760	13,335
Costo de insecticidas (\$)	0	840
Tratamiento de semillas (\$)	0	500
Aplicación de insecticidas (\$)	0	150
Costos totales que varían (\$)	0	1490
<b>Beneficio Neto</b>	<b>11,760</b>	<b>11,845</b>
Tasa de retorno marginal = 5.7%		

Se han presentado aquí evidencias concretas de que la labranza-cero permite obtener en la zona de trópico bajo, donde se condujeron los experimentos, rendimientos de maíz similares a los obtenidos con labranza convencional. Además, cuando se someten los resultados al análisis económico, la labranza-cero supera a la convencional, al usar herbicidas en ambos casos. Sin embargo, al comparar la labranza-cero con mantillo y herbicidas con las prácticas de labranza convencional sin herbicidas que realizan los agricultores de esa zona, la labranza-cero aparece muy superior, dado que los agricultores desmalezan con azadón, con todos los problemas que conlleva esta práctica por falta de mano de obra oportuna, lluvias frecuentes que entorpecen o impiden esta labor, etc.

La unidad de capacitación del CIMMYT, con la participación directa de los becarios, ha realizado más de 200 experimentos bajo condiciones de labranza-cero, que han permitido obtener más evidencias sobre la practicabilidad y ventajas de este sistema de labranza. Algunas de las observaciones son las siguientes :

1. Los rendimientos son similares bajo ambos sistemas.
2. Se han conducido repetidamente, durante trece ciclos, bajo labranza-cero, y en el mismo lugar, experimentos de cuatro niveles de nitrógeno y tres niveles de fósforo (Palmer, 1984). El control de malezas a base de paraquat y atrazina ha sido efectivo, sin que aparecieran problemas severos de malezas resistentes. Tampoco se han notado efectos deletéreos de los herbicidas y de la labranza-cero sobre la estructura y compactación del suelo. Por el contrario, la estructura de estos vertisoles es excelente y no se observó compactación. Por otra parte, a partir del segundo ciclo con labranza-cero consecutiva, se pudo

---

reducir la dosis de herbicidas a solo 200 g/ha de Paraquat y 600 g de atrazina/ha. Esto, como consecuencia del hecho de que al no arar ni rastrear el suelo, su superficie expuesta es mucho menor, por estar libre de terrones.

3. Muchos de los experimentos fueron efectuados en suelos con pendientes pronunciadas, en cuyos casos la labranza-cero con mantillo mostró ventajas tales como: menor erosión, mejor infiltración del agua, mejor conservación del agua y menor temperatura del suelo.
4. También se observó menor daño por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smithe) en las primeras etapas de desarrollo del maíz (hasta diez hojas extendidas) en las parcelas con labranza-cero, que en aquellas con labranza convencional, aunque a menudo estas diferencias no se reflejaron en el rendimiento en grano. Shenk y Saunders (1982), por otra parte, observaron en zonas tropicales, menos ataque por cogollero en los tratamientos de labranza-cero que en los de labranza convencional.
5. Las ventajas de la labranza-cero sobre la convencional parecen acentuarse más aún bajo condiciones de sequía. En suelos muy secos, en el área de estudio, cuando los agricultores en cuyos terrenos se efectuaron los experimentos perdieron totalmente su cosecha, las parcelas experimentales con labranza-cero mostraron rendimientos de una a dos toneladas/ha.

## **Conclusiones**

La labranza-cero, combinada con herbicidas apropiados constituye un sistema efectivo de manejo para el maíz en el área de Poza Rica-Tuxpan-Alamo, en Veracruz, México. Comparada con la labranza convencional, la labranza-cero permite operaciones oportunas, en especial siembra, prácticamente independientes de las condiciones climáticas, además de conservar agua, suelo y energía y, al parecer, presentar un menor ataque de insectos. Además, permite efectuar las labores con mayor rapidez, a menor costo y con mayor redituabilidad. Por otra parte, elimina el cuello de botella provocado por la demora o falta de oportunidad de las operaciones como consecuencia de la contratación de servicios de preparación mecanizada del suelo. El uso correcto de los herbicidas evita el trabajo pesado de eliminar malezas mediante los sistemas manuales tradicionales y los efectos alelopáticos de algunas malezas sobre el maíz. La mayoría de las malezas del área son anuales de hoja ancha, fácilmente controlables con paraquat y atrazina.

Aunque no se pretende que estas observaciones y conclusiones pueden extenderse a todos los trópicos bajos del mundo, existe la confianza de que la utilización de labranza-cero con mantillo y herbicidas, con los debidos ajustes que las circunstancias requieran, puede jugar un papel muy importante en el aumento de la producción en esas regiones de agricultura por demás difícil. Sistemas de labranza-cero similares al descrito están funcionando muy bien en varios países de América Latina y otras partes del mundo. La base de los ajustes la debe de constituir la investigación local en la zona de interés, probando los métodos y productos químicos disponibles más apropiados, dosis, etc. Para una rotación de maíz continuo, la selección de herbicidas es relativamente sencilla debido a la alta

selectividad de la atrazina, pero en el caso de maíz alternado con especies susceptibles a este herbicida o en casos de maíz asociado con especies susceptibles, la selección de herbicidas se complica algo, aunque para la mayoría de los casos existen alternativas viables.

En los experimentos antes descritos, la siembra se efectuó con espeque y la aplicación de herbicidas, con bomba de mochila. El sistema ha sido usado también con mucho éxito por la unidad de capacitación del CIMMYT en siembras extensivas, totalmente mecanizadas, adaptando discos cortadores ondulados a equipos sembradores corrientes, aplicando herbicidas con equipos aspersores montados sobre tractor y fertilizando también en forma mecánica.

En suma, existe la confianza de que la labranza-cero puede ser una gran contribución para mejorar la eficiencia de la producción del maíz en los trópicos bajos.

#### ■ Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Larry Harrington, Economista del CIMMYT, por su colaboración en los análisis económicos e interpretación de sus resultados. Este reconocimiento se hace también extensivo a los becarios de los ciclos 1981 A, 1981 B y 1982 A, por su contribución en el manejo de los experimentos cuyos resultados se presentaron aquí.

#### Referencias

Aina, P.O. 1981, Effects of time and duration of mulching on maize (*Zea Mays L.*) in Western Nigeria. *Field Crops Res.* 4:25-32

All, J.N., and R.N. Gallaher. 1976. Insect Infestation in no-tillage corn cropping systems. *Georgia Agric. Res.* 17:17-19

Blevins, R.L., L.W. Murdock, and G.W. Thomas. 1978. Effect of lime application on no-tillage and conventional tilled corn. *Agron. J.* 70:322-326.

Carballo, M. 1979. Incidencia de plagas en maíz (*Zea mays L.*) bajo diferentes sistemas de manejo de malezas. Tesis, Licenciado en Agronomía, Centro Universitario del Atlántico, Costa Rica. 89p.

Daniels, N.E., and L.E. Chedester. 1974. The effects of tillage and weather on Southwestern corn borer population. *Texas Agri. Exp. Sta. PR-3720*, 4 p.

Daniels, L.E., and L.D. Chedester. 1980. Southwestern corn borer populations as affected by weather and tillage. *Texas Agri. Exp. Sta. MP-1456*, 5 p.

Del Rosario, R., N. Tavarez y M. Mateo. 1981. Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smithe, en dos sistemas de labranza. XXVII reunión del PCCMCA, República Dominicana, del 23-28 de marzo, 1981, 8 P.

Fink, R.J. and D. Wesley, 1973. Corn yield as affected by fertilization and tillage systems. *Agron. J.* 65:70-71.

---

Fox, R.H.. 1978. Nitrogen on no-till corn creates acid soil surface. *Sci. in Agri.* 25:14.

Gregory, W.W., AND H G. Raney. 1980. Pests and their control, insect management. Páginas 55-68. In R.E Phillips, G. W. Thomas and R.L. Blevins, eds. *No tillage research reports and reviews.* Univ. of Kentucky, Lexington.

Harrington. L., O Alam, I Araprop, I Basa, P Rodvinis, and D. Tulachain. 1983. Maíz en el norte de Veracruz- Práctica del agricultor y oportunidades de investigación CIMMYT Documento de Trabajo, programa de Economía. 47 p.

Juo, A.S.R., and R. Lal. 1979 Nutrient profile in a tropical alfisol under conventional and no-till systems. *Soil Sci.* 127:168-173.

Kang, B.T., and M Yunusa 1977 Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humid tropics. *Agron. J.* 69:291; 294.

Khan, S.A., A.S Roy, and B.N Chatterjee. 1981 Note on growing winter maize under minimum tillage after transplanted rice. *Indian J. of Agric. Sci.* 51:54-55.

Kocher, F., A.D. Violic y A.F E Palmer 1982. Experiencias en labranza-cero en el CIMMYT. Trabajo presentado en el Seminario sobre Labranza Reducida o Mínimo Laboreo, auspiciado por el IICA en Uruguay, celebrado en la Estación Exp. "La Estanzuela". Colonia, Uruguay, del 3 al 7 de mayo, 1982. 9 p.

Lal, R. 1975 Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, Nigeria, IITA. Tech. Bull. No. 1 38 p.

Lal, R. 1979a. Soil Till and Crop Production. R. Lal ed. IITA, Ibadan, Nigeria, Proceedings Series No. 2. 361 p.

Lal, R. 1979b. Influence of six years of no-tillage and conventional plowing on fertilizer response of maize (*Zea mays* L.) on an alfisol in the tropics. *Soil Sc.* 43:399-403.

Monzon, A.E y M.A Maldonado. 1982 Evaluación del daño del cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smithe) en el maíz (*Zea mays* L.) de acuerdo al método de preparación del suelo y al requerimiento de insecticidas en base a niveles críticos del daño sobre la planta. Trabajo presentado en la 28 reunión del PCCMCA, Costa Rica, del 22-26 de marzo. 1982.

Moschler, W.W., G.M. Shear, and D.C. Martens. 1972. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.* 64:229-231.

Moschler, W.W., and C.D. Martens. 1975. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements in no-tillage and conventionally tilled corn. *Soil Sc. Soc. of America Proc.* 39:886-891

Musick, G.J. 1970 Insect problems associated with no-tillage corn production. Proc. N.E. No-tillage conference. 1:44-59.

Palmer, A.F E 1984. Nitrogen and phosphorus responses and yield trends for continuous maize grown under conservation tillage in the lowland tropics. Paper presented at the International Symposium on Nitrogen Management in Farming Systems in the Tropics. IITA, Ibadan, Nigeria. Oct. 23-26, 1984.

Palmer, A.F E A D Violic. and F Kocher 1980. In-service training in maize production agronomy research at CIMMYT Agron. Abstr. p. 43.

Palmer, A.F E A D Violic. and F Kocher 1982. Relationship between research and extension services and the mutuality of their interests in agricultural development. Paper prepared for presentation at the Third FAO/CIDA Seminar on Field Food Crops in Africa and the Near East. held in Nairobi, Kenya, June 6-24, 1982.

Perrin, R.K., D L Winkelmann, E R. Moscardi, and J.R. Anderson. 1976. From agronomic data to farmer recommendations. An economics training manual. CIMMYT, Mexico 51 p.

Phillips, R.E., R L Blevins, G.W Thomas, W.W. Frye, and S.H. Phillips. 1980. No-tillage Agriculture. Science. 208:1108-1113.

Shear, M. y W W Moschler 1969 Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods a six-year comparison. Agron. J. 61:524-526.

Shenk, M y J Saunders 1982. Interacciones entre dos sistemas de labranza, combate de insectos y cuatro niveles de fertilidad en un sistema de producción de maíz en la zona Atlántica de Costa Rica, XXVIII reunión del PCCMCA, Costa Rica, del 22-26 de marzo. 1982 8 p.

Singh, T.A., G.W Thomas, W W Moschler, and D.C Martens. 1966. Phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.) under no-tillage and conventional practices. Agron. J. 58:147-148

Triplett, G.B., and D M van Doren, Jr 1969 Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. Agron. J. 61:637-639.

Tyler, B.M.J., and C R Ellis. 1974 Adult emergence, oviposition and lodging damage of northern corn root worm (Coleoptera : Chrysomelidae) under three tillage systems Proc Entomological Soc. of Ontario. 105:86-89.

Unger, P W., and T M.MCCalla. 1981 Conservation tillage systems. Advances in Agronomy. 33:1-58

Violic, A.D., F Kocher y A.F.E Palmer. 1981 Investigación y transferencia de tecnología. Seminario sobre Generación de Información y Cambio Tecnológico IICA Cono Sur/BID, IICA/Chile e INIA. 23-27 de noviembre de 1981.



# **Manejo de experimentos en fincas bajo el sistema de labranza de conservación**

---

**E. B. Knapp y  
A. D. Violic**

Cualquiera que sea el diseño experimental elegido, (bloques completos al azar, parcelas divididas, bloques divididos, con o sin arreglo factorial), el buen manejo de los experimentos comienza con una elección adecuada de los sitios en que éstos, serán colocados. Esto es con el doble propósito de que sean representativos para permitir así una universalidad en la aplicación de los resultados, y de que cumplan con algunos principios básicos que aseguren resultados y conclusiones valederas. La investigación en fincas será exitosa sólo en la medida en que cada paso de este proceso se efectuó de acuerdo con los objetivos de la investigación y libre de errores. Tal vez valga la pena insistir en que el objetivo de la investigación de problemas de manejo en fincas es el de desarrollar tecnologías que tengan ventajas evidentes sobre las prácticas usadas corrientemente o tradicionalmente por los agricultores, y que posteriormente sean adoptadas por grupos de agricultores a los que las recomendaciones estarán dirigidas. Por razones de efectividad (alto impacto) y eficiencia (alto beneficio a un costo mínimo), los investigadores de problemas de producción tratan de predecir las consecuencias de los resultados de sus experimentos. Es claro que la efectividad y eficiencia de un programa de investigación dependerá, en gran parte, de quien adopte los resultados.

La estrategia obvia a usar para maximizar la efectividad y eficiencia de la investigación comienza con la identificación de la población de agricultores a los cuales irán dirigidos los resultados.

Por eso, el criterio más importante que debe tenerse en consideración al seleccionar un sitio, es que éste sea realmente representativo del dominio de recomendación que se beneficiará con las recomendaciones que se deriven.

Muchos investigadores experimentados ven con escepticismo la necesidad de describir a conciencia las circunstancias naturales y económicas de la población de agricultores a los cuales irá dirigida una recomendación. La mayoría de ellos cree que su responsabilidad única es la de obtener diferencias significativas entre un tratamiento testigo y una de las variables experimentales, omitiendo una parte importante del proceso de investigación, cual es la de documentar las condiciones bajo las cuales se efectuó el experimento. Es claro que no existen dos fincas que tengan condiciones idénticas, tanto físicas como químicas, biológicas y económicas. La estrategia para organizar la investigación para resolver problemas de producción para agricultores de circunstancias similares es de tipo práctico y constituye un proceso empírico a la vez que interactivo.

El proceso comienza durante la etapa de diagnóstico, cuando se examinan los datos secundarios y se efectúan las encuestas exploratorias que permitan llegar a una descripción generalizada de las prácticas de los agricultores y comprender tentativamente las razones por las cuales siguen esas prácticas. Es necesario hacer todo lo posible por describir y entender las variaciones ambientales naturales, los sistemas de rotación seguidos y las prácticas de producción.

---

Como resultado de lo anterior, el investigador deberá imaginarse las consecuencias que podrían derivarse de los resultados de la investigación, en caso de ser éstos aplicados. Esta primera impresión generalmente sufrirá modificaciones a medida que la investigación vaya entregando sus primeros resultados. En la mayoría de los casos, se necesitarán los resultados de tratamientos a través de muchas localidades para poder definir los límites y la estabilidad de las recomendaciones potenciales. Este proceso comienza en la etapa de investigación exploratoria y generalmente no se completa antes de que la variable en estudio entre a la etapa de verificación de la investigación.

Dado de que no hay dos agricultores de condiciones similares, uno podría hacerse la siguiente pregunta: ¿Cuán similares deben ser las circunstancias de los agricultores para ser incluidos en un mismo grupo? El concepto de desarrollar y probar tecnologías para sub-grupos de agricultores se podría explicar mejor mediante una analogía. Uno de los principios del diseño experimental es que la precisión experimental puede aumentarse mediante la partición de la varianza total mediante la organización de las repeticiones en bloques de tratamientos experimentales. En forma similar, la precisión de un programa experimental podría incrementarse organizando bloques de agricultores de circunstancias similares, para diferenciarlos así de otros agricultores de condiciones muy distintas. Los criterios que se usan para agrupar agricultores (y también para seleccionar sitios para ensayos) consisten en considerar aquellos factores que tienen un efecto común en la naturaleza y en el grado de diferencias entre tratamientos con posibilidad de ser adoptados por los agricultores. Por cuanto el número de factores e interacciones entre factores que afectan la respuesta del cultivo y las decisiones de manejo son muchos, los criterios de selección que se usan para agrupar a los agricultores son muy amplios y de base empírica.

Como ejemplo de lo anterior, supóngase que un valle de altura en el área andina de América del Sur se divida, tentativamente, en 4 dominios de recomendación y que la altitud, disponibilidad de riego y ubicación de los mercados sean los principales factores que se usen para definir estos grupos de agricultores. A medida que aumenta la elevación, el maíz bajo riego se vuelve más tardío y la época de siembra se hace también más tardía, con el fin de evitar las heladas. Como consecuencia de estos cambios, disminuyen las enfermedades foliares que constituyen un factor importante que limita los rendimientos. En las partes más bajas del valle, puede existir un pequeño grupo de agricultores que venden las mazorcas al estado tierno en un pueblo vecino, lo que se traduce en prácticas de cultivo diferentes a las de los agricultores ubicados en cotas superiores. Por último, también puede existir otro grupo pequeño de agricultores que también deban retrasar sus siembras hasta que las lluvias se establezcan mejor y se hagan más confiables. Las prácticas de manejo de este grupo de agricultores son menos intensivas debido al mayor riesgo comprendido.

En este caso, los criterios usados para agrupar a los agricultores y, eventualmente seleccionar a los cooperadores y los sitios para los experimentos, deben basarse en circunstancias naturales, relativamente estables.

Los beneficios derivados del desarrollo y pruebas de tecnologías para agricultores que representen grupos potencialmente numerosos son obvios, pero resulta ineficiente dedicar en los comienzos del proceso de investigación, demasiado tiempo a la decisión sobre cómo agrupar a los agricultores. A medida que las variables experimentales avanzan desde la etapa exploratoria a la etapa determinativa o a la etapa de verificación, se irán conociendo mejor, tanto la naturaleza como el grado de respuesta de los tratamientos a través de las localidades. En el curso del programa experimental se irán definiendo los límites y estabilidad del comportamiento de los tratamientos. Queda a criterio del equipo de investigadores el especificar los límites aceptables de comportamiento y estabilidad en base a factores conocidos que afecten la posible adopción de una recomendación por parte de los agricultores, como por ejemplo ganancia, riesgo, compatibilidad con los sistemas de producción, etc. Si la investigación en algunos sitios presenta una respuesta no significativa del cultivo a la aplicación de nitrógeno debido a una fuerte competencia de malezas, tal vez entonces los experimentos con fertilizantes deben sembrarse solamente en campos de agricultores que, por lo general, controlan sus malezas satisfactoriamente o que posean los recursos suficientes como para adoptar tanto una recomendación para el control de malezas como una recomendación de dosis de fertilizantes.

Durante el desarrollo y pruebas de tecnologías alternativas, se recomienda que todas las variables no experimentales sean comunes al grupo de agricultores a los cuales estará dirigida la recomendación, para evitar que variables no reconocidas afecten las recomendaciones finales. Siempre debe tomarse en cuenta que las bases para hacer recomendaciones a grupos de agricultores se construyen a partir de la interpretación de los resultados de una serie de experimentos efectuados a través de localidades y años. Cuando se seleccionan sitios para experimentación y se siembran experimentos, es importante tener en cuenta que cada cooperador, aunque representa a un dominio de recomendación, tiene sus propias características que lo diferencian de los demás agricultores del grupo que representa, o sea, que tiene su propia individualidad. En la práctica, la base para seleccionar cooperadores, sitios para experimentos y diseños no se hace casi nunca de acuerdo con modelos estadísticos rígidos, pues la mayoría de las veces los agricultores que representan grupos para futuras recomendaciones, se seleccionan principalmente por su deseo de cooperar, la accesibilidad del sitio o su credibilidad dentro del grupo que representan. Muchas veces, los diseños sufren ligeras modificaciones para permitir, durante los días de campo, la comparación fácil y clara entre una secuencia de tratamientos.

---

**Puntos  
que deben  
considerarse en la  
selección de sitios  
y agricultores  
cooperadores**

■ **Identificación del sitio**

1. El agricultor debe ser: cooperador, líder, representativo, de buena reputación y credibilidad. Debe contribuir con el sitio, con la preparación del terreno y con trabajo, siguiendo instrucciones del investigador. Por diversas razones, la participación del agricultor en la atención de algunos tratamientos puede representar diversos problemas como:
  - a. Puede que aplique un tratamiento a una o más parcelas que no correspondan o en la época no correcta o que aplique un producto que tampoco corresponda. Lo peor ocurrirá cuando esta equivocación no sea detectada oportunamente por el investigador.
  - b. Que la aplicación de un tratamiento no sea uniforme en las parcelas correspondientes, lo que aumentará el error experimental por incremento de la variabilidad dentro de tratamientos.
2. El sitio debe ser: representativo, accesible en cualquier época, lejos de casas, árboles altos, protegido del ganado, aves de corral y otros animales domésticos, y no estar expuesto a inundaciones, ni que sea paso obligado o acostumbrado de transeúntes. El sitio deberá elegirse con anticipación y ser visitado durante el desarrollo del cultivo anterior y también durante la cosecha, con el objeto de detectar áreas de malezas - problema (*Cyperus* spp, *Sorghum halepense*, *Cynodon* spp, etc.) para las cuales se requiere de un pre-tratamiento especial de control, distinto a los que normalmente se incluirían como variables experimentales de herbicidas. El control de estas malezas, muchas veces requiere de herbicidas de alto costo como glifosato, que difícilmente podría conformar parte de una recomendación generalizada de herbicidas para la producción de maíz bajo labranza de conservación.

La observación del cultivo anterior, durante la etapa de crecimiento y también durante la cosecha, permitirá detectar gradientes de fertilidad y de humedad, al observar el tamaño de las plantas, el grosor de los tallos, la longitud de los entrenudos, el tamaño de las mazorcas y del grano y el llenado de las mismas. También se podrá observar la incidencia de roedores, insectos del suelo y follaje y de enfermedades. Es necesario, también, que el área haya sido manejada uniformemente por el agricultor. Las observaciones de los gradientes permitirán orientar adecuadamente los bloques (perpendiculares al eje de la gradiente principal) y/o emplear un diseño que permita contrarrestar mejor sus efectos.
3. Una vez elegido el sitio y, conociendo el investigador el área del experimento, deberá hacer un mapa que permita identificar con cierta exactitud, el lugar escogido en el momento en que se instale el experimento, lo que podría ocurrir varios meses después. Este mapa debe hacerse usando accidentes naturales (rocas, árboles, esteros) y/o accidentes artificiales (cercos, casas, canales, etc.) como punto de referencia.

4. Usando una forma similar a la presentada en el cuadro 1, el investigador deberá identificarse con su nombre y hacer una reconstrucción de la historia del ciclo anterior (o, mejor, aún de los dos ciclos anteriores), siguiendo la pauta indicada. Una parte de la información provendrá de su propia observación del campo elegido; el resto, obteniendo información directamente del agricultor. Esta información ayudará a determinar el nivel de las variables no-experimentales, o sea aquellos factores de producción que tienen influencia en el crecimiento del cultivo pero que se aplican uniformemente en todo el experimento (i.e., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, insecticidas, variedad, sistema de siembra, etc.) Esto, en contraposición con las variables experimentales, que corresponden al (los) factor (factores) que se hacen variar. En el caso específico de labranza de conservación, pueden ser: herbicidas y dosis, cantidad de mantillo, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, variedad, forma de aplicación de nutrientes, etc..

También, es conveniente hacer una descripción física del sitio, indicando la posición del lugar, pendiente, profundidad del suelo, presencia de piedras y rocas, y textura, como se indica en el cuadro 2.

5. El investigador debe sembrar el experimento (ayudado por el agricultor), aportar los insumos, tomar los datos, cosechar e informar al agricultor sobre los resultados.

#### ■ **Recolección de datos**

Una pregunta que los investigadores se hacen comúnmente es: ¿existe una cantidad óptima de datos que deban tomarse en los experimentos? La respuesta es "sí", pero depende de la competencia del investigador y de cuán bien estén definidos los objetivos. Si los objetivos no están suficientemente claros y definidos, se tendrá al final una gran cantidad de información inútil.

Los datos experimentales se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes tipos :

- a. **Socioeconómicos** (precios, costos de mano de obra, etc.)
- b. **Ambientales** (lluvia, temperatura, suelos, topografía).
- c. **De manejo** (métodos, época de operaciones, cantidades)

Los datos también pueden clasificarse de acuerdo con la época en que se registran :

- a. **Antes del establecimiento de los experimentos** (durante el diagnóstico).
- b. **Durante el ciclo de experimentación** (la sequía afecta a todos los tratamientos, mientras que el daño por animales afecta solamente a algunos de ellos).

**Cuadro 1. Identificación del sitio.**

Localidad <sup>1</sup> : _____		Agricultor: _____	
Investigador(es) responsable(s): _____			
INFORMACION:		Historia de los 2 ciclos anteriores	
		Ciclo Pasado	Ciclo Antepasado
Especie Cultivada			
Variedad Cultivada			
Rendimiento (Ton/Ha)			
FERTILIZACION APLICADA KG/HA	N		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
	otro		
	otro		
PRINCIPALES PROBLEMAS EN ORDEN DE IMPORTANCIA	1		
	2		
	3		
	4		
LLUVIA	Insuficiente		
	Normal		
	Excesiva		
DISTRIBUCION DE LA LLUVIA	Buena		
	Deficiente		

<sup>1</sup> Incluir un mapa de ubicación del sitio

**Cuadro 1. (cont.)**

<b>CONTROL DE INSECTOS, PRODUCTOS, DOSIS Y EFECTIVIDAD</b>	<b>Suelo</b>		
	<b>Follaje</b>		
	<b>Almacén</b>		
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>	<b>Detallar: época forma, producto químico, dosis, y efectividad</b>		
<b>PREPARACION DEL SUELO</b>	<b>Describe método</b>		
<b>SISTEMA DE SIEMBRA</b>	<b>Describe: manual, en surcos en plano, a maquinaria, etc.</b>		
<b>TRATAMIENTO DE LA SEMILLA. PRODUCTO Y DOSIS KG/HA</b>			
<b>DISTANCIAS DE SIEMBRA CANTIDAD DE SEMILLA/HA, SEMILLAS POR GOLPE</b>			
<b>OTROS:</b>			

---

Los datos experimentales también pueden clasificarse de acuerdo con las necesidades :

- a. **Datos vitales** (absolutamente esenciales para establecer la naturaleza y grado de diferencias entre los tratamientos. En otras palabras, lo que el investigador DEBE SABER).
- b. **Datos importantes** (que no son esenciales para establecer la naturaleza y grados de diferencias entre tratamientos, pero que contribuyen sustancialmente a la interpretación y a la extrapolación de los resultados del experimento y a la efectividad general y eficiencia del programa de investigación. Es información que el investigador DEBERIA SABER).
- c. **Datos útiles** (no esenciales, pero CONVENIENTES DE SABER).
- d. **Datos superfluos** (que no contribuyen significativamente a los resultados de la investigación y que, por lo tanto NO DEBERIAN HABERSE TOMADO).

No existen formas estándar para registrar la información de los experimentos, pero la experiencia es el maestro más efectivo. En los cuadros 3 y 4 se presentan formas para recolección de datos que son las resultantes de experiencias y observaciones obtenidas durante largo tiempo por muchos especialistas en producción. Las observaciones por registrar han sido escogidas entre muchos factores que puedan afectar los resultados experimentales por las siguientes razones: son las que más comúnmente aparecen en la literatura y libros de campo y las que figuran más a menudo en la interpretación de los resultados experimentales. Además, son las que más fácilmente se observan en el campo y de registro más fácil a partir de características observables.

### **Recomendaciones generales para la toma de datos**

El maíz, con todos los demás cereales, pasa a través de una secuencia de fases de desarrollo que van desde la emergencia hasta la cosecha. Hay que hacer notar que el número de días contados a partir de la siembra o de la emergencia como forma de describir la aplicación de un tratamiento tiene poca validez, especialmente si se considera que el desarrollo de cada hoja puede tomar tan sólo de 2 a 3 días en el ciclo de verano y hasta más de una semana durante el ciclo de invierno. La habilidad para reconocer y registrar las etapas de crecimiento es importante por dos razones principales:

- a. Para programar correctamente o para interpretar la efectividad de las operaciones de manejo del experimento tales como fertilización, operaciones de protección vegetal, raleo, manejo del agua, etc.
- b. Para juzgar efectos que afectan la producción como por ejemplo: malezas, enfermedades, insectos, acame y factores climáticos relacionados con la temperatura y la humedad.

Cuadro 2. Descripción física del sitio.

<b>POSICION:</b>	<input type="checkbox"/> MESETA	<input type="checkbox"/> TERRAZA	<input type="checkbox"/> VEGA
<b>PENDIENTE:</b>	<input type="checkbox"/> CASI HORIZONTAL < 2%	<input type="checkbox"/> SUAVE 3-8 %	
	<input type="checkbox"/> MODERADO 9-15%	<input type="checkbox"/> FUERTE 16-25%	
	<input type="checkbox"/> MUY INCLINADO > 26%		
<b>PROFUNDIDAD DEL SUELO:</b>	<input type="checkbox"/> PROFUNDO >150 cm	<input type="checkbox"/> MODERADO 100-150 cm	<input type="checkbox"/> DELGADO 50-100 cm
<b>RIPIO O PIEDRAS:</b>	<input type="checkbox"/> NINGUNO O POCO 15% en volumen	<input type="checkbox"/> MODERADO afecta las operaciones agrícolas	<input type="checkbox"/> EXTREMO impide las operaciones agrícolas + 36%
	<input type="checkbox"/> GRUESA Muy arenosa arena mediana o fina y arena franca	<input type="checkbox"/> MEDIANA franco-arenosa franca o franco-arcillosa	<input type="checkbox"/> FINA franco-arcillo-arenosa arcillo-franca limo-arcillosa
	<input type="checkbox"/> ALTA 200 mm	<input type="checkbox"/> MEDIA 120-200 mm	<input type="checkbox"/> BAJA 90-120 mm
<b>CAPACIDAD DEL SUELO PARA ALMACENAR AGUA:</b>	<input type="checkbox"/> MUY OSCURO Negro, gris, muy oscuro, café muy oscuro.	<input type="checkbox"/> MEDIANO Café oscuro, amarillento, café rojizo, café, amarillo, rojo.	
	<input type="checkbox"/> MUY CLARO Blanco, gris pálido, café pálido rojo pálido	<input type="checkbox"/> MOTEADO Gris opaco, oliváceo, gris azulado, con manchas amarillas.	

**Cuadro 3. Recuento de malezas.** Mientras las malezas son pequeñas, se registra el número de malezas vivas por parcela, siguiendo el método de los marcos de alambre lanzados al azar y repetidamente, en cada parcela. Cuando las malezas alcanzan un crecimiento tal que no es posible separar las plantas entre sí, se puede reemplazar este tipo de recuento por una estimación de % de la superficie de la parcela que está tapada por maleza, desde 0 a 100%, en intervalos de 5 a 10%, promediando la observación efectuada en 3 entre-líneas de cada parcela.

**RECUESTO DE MALEZAS**

Parcela	Trata- miento	1º Recuento			2º Recuento			3º Recuento			Recuento a la madurez		
		Hoja Ancha	Hoja Angosta	Peso Seco	Hoja Ancha	Hoja Angosta	Peso Seco	Hoja Ancha	Hoja Angosta	Peso Seco	Hoja Ancha	Hoja Angosa	Peso Seco

**Cuadro 4. Recuento de daños por insectos.** Se registra el número total de plantas de los surcos útiles de cada parcela y se cuenta el número de plantas que presentan las 3 ó 4 hojas más nuevas, dañadas por insectos. El recuento se hace semanal o bisemanalmente, según se estime necesario, a partir de la primera o segunda semana después de la emergencia de las plántulas. Continuar hasta que las plantas han alcanzado el estado V10 o V12.

**RECUESTO DE DAÑO DE INSECTOS**

Parcela	Trata- miento	1º Recuento			2º Recuento			3º Recuento		
		Plantas	Dañadas	%	Plantas	Dañadas	%	Plantas	Dañadas	%

En el maíz, los estados vegetativos y reproductivos de la planta han sido descritos por Ritchie y Hanway (1982) :

**Estados vegetativos**

VE = emergencia  
V1 = primera hoja  
V2 = segunda hoja  
V3 = tercera hoja  
V(n) = hoja número n  
VT = espiga masculina

**Estados reproductivos**

R1 = estigmas expuestos  
R2 = ámpula  
R3 = leche  
R4 = masa  
R5 = indentación  
R6 = madurez fisiológica

Cada vez que se registre una información, convendrá indicar a qué etapa de desarrollo corresponde la misma.

Para la toma de datos de carácter subjetivo, en que influye la decisión del observador (o sea aquéllos que están sujetos a decisión personal), es muy recomendable que cuando más de un observador tome esos datos simultáneamente durante una visita a un experimento, que cada uno de ellos se encargue de una repetición completa, con el objeto de no aumentar el error experimental.

El cuadro 5 es un ejemplo del registro de visitas que se deberá llevar para cada experimento en cada localidad.

En experimentos que incluyan tratamientos de labranza de conservación como variables experimentales, o en las cuales la labranza de conservación sea una variable no-experimental, se sugiere registrar los siguientes **datos generales**:

- Estado del mantillo : a) peso seco por m<sup>2</sup> (pesando el mantillo dentro de los límites de la parcela en cuestión y secando muestras al horno - 3 días a 80 °C o varios días al sol y, b) altura del mantillo, en caso de no haberse chapeado previamente a la siembra.
- Fecha de siembra.
- Humedad del suelo en el momento de la siembra (excelente, buena, regular, marginal, excesiva).
- Herbicidas usados, forma comercial, dosis, cantidad de agua, adherente, humectante, penetrante, tipo o clave numérica de identificación de la boquilla usada (8002, 8003, etc.).
- Época de aplicación de los herbicidas en relación al desarrollo del maíz y de las malezas.
- Viento durante la aplicación o aplicación de herbicidas : moderado arrachado, moderado constante, aire quieto.
- Estado del cultivo durante la aplicación (o aplicaciones) de fertilizantes, tipo de fertilizante (o fertilizantes), dosis en cada aplicación.

**Cuadro 5. Registro de visitas al experimento.** Especificar problemas detectados durante la visita que afectan a todo el experimento o parcelas específicas, indicando cuales.

**REGISTRO DE VISITAS AL EXPERIMENTO**

Fecha	Etapa de Crecimiento	Observaciones/comentarios	Nombre del Observador
Experimento:		Ciclo:	
Localidad:			

- Insecticidas usados en el tratamiento de las semillas, tratamiento al suelo y aplicaciones foliares, indicando dosis y frecuencia de la aplicación.
- Unidades experimentales (parcelas) afectadas por gradientes que visiblemente hayan afectado parcialmente las repeticiones en cuanto a desarrollo de las plantas (fertilidad, humedad), indicando en el mapa de campo las parcelas afectadas.
- Desarrollo de las plantas del mejor o de los mejores tratamientos (en promedio de sus repeticiones) en relación a altura y vigor, indicando si fue excelente, bueno, regular o malo, explicando las causas posibles en caso de que el desarrollo no hubiese sido aceptable (sequía, enfermedades, malezas, etc.)
- Fecha de cosecha del experimento.

En cuanto a los DATOS ESPECIFICOS, que deben de tomarse de los tratamientos individuales, se pueden destacar (además de los correspondientes a recuentos de malezas del cuadro 3 e insectos, del cuadro 4 :

- acame (raíz - tallo)
- número de plantas cosechadas por parcela
- peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela, excluyendo podridas (no adecuadas para el consumo o venta).
- humedad del grano en la cosecha
- peso del grano/ha a un porcentaje de humedad reducido a 15% o a otro porcentaje estipulado.

Normalmente, sólo se analizará la variable "rendimiento del grano". Las demás variables y datos generales del experimento ayudarán a explicar los resultados.

### **Cálculo del rendimiento en ensayos de maíz**

Aunque el cálculo que se describe se aplica a parcelas de cualquier longitud y número de surcos cosechados, supóngase que en este caso se trata de cosechar los 2 surcos centrales de una parcela de 5 m de longitud, con surcos separados 0.80 m entre sí, con golpes a 0.50 m sobre los surcos. Normalmente se eliminan los golpes de cabecera de los 2 surcos, quedando el área de 4.5 m x 1.6 m = 7.2 m<sup>2</sup> de superficie útil.

Para calcular el rendimiento de una parcela experimental expresado como kg/ha de grano expresado a un porcentaje de humedad final deseado se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \frac{PCP \times 10000 \times (100 - HC) \times D}{AU \times (100 - HF)}$$

Donde: R= Rendimiento de grano de maíz en Kg/ha a un % de humedad dado  
PCP= Peso de campo de la parcela ( kg de mazorcas)  
10000= metros cuadrados en una hectárea  
HC= humedad del grano en el campo  
HF= humedad final deseada (v.g. 15%)  
D= fracción de desgrane. grano /(grano + olote).  
AU= Superficie útil cosechada en m<sup>2</sup>



# **“CHIQUITA”: Una sembradora tipo labranza cero para países en desarrollo**

---

H. A. Muhtar

## **Necesidad de una sembradora directa**

Varios miembros del personal regional del CIMMYT que trabajan en América Latina, África y Asia, han expresado en diversas ocasiones la necesidad de sembradoras sencillas en hileras, para ayudar a los pequeños agricultores a sembrar a tiempo y a una profundidad relativamente uniforme en condiciones deficientes de cama de siembra, con el objeto de mejorar el rendimiento.

Los requisitos que debían cumplir dichas sembradoras en hileras eran:

1. **Tamaño pequeño:** La sembradora debía ser pequeña para que pudiera tirarla un animal o un tractor pequeño.
2. **Versatilidad:** La sembradora debería contar con la versatilidad suficiente para poder, en caso necesario, sembrar en condiciones de labranza cero.
3. **Sencillez:** Ser sencilla de tal manera que un herrero local pudiera fabricarla.
4. **Economía:** Deberían ser baratas para que pequeños agricultores pudieran adquirirlas.

Una sembradora de estas características permitiría a los agricultores sembrar en el momento oportuno y obtener mejores rendimientos, además de sembrar sin necesidad de arar en caso de que esta operación no pudiera efectuarse a causa de condiciones climáticas adversas. En respuesta a estas solicitudes se inició una búsqueda de prototipos y sembradoras en el mercado.

## **Propiedades de una sembradora para siembra directa**

Todas las sembradoras mecánicas, convencionales o para siembra directa, que no sean sembradoras al voleo, deben ser capaces de hacer lo siguiente:

1. Abrir un surco para depositar la semilla a la profundidad adecuada.
2. Introducir la semilla al suelo de acuerdo con las exigencias del cultivo en cuanto a densidad, y
3. Cubrir la semilla y compactar el suelo alrededor de ella, de manera que facilite la germinación (1,3).

## **Fundamento y metodología de un nuevo diseño**

No obstante, para que una sembradora de siembra directa pueda realizar las funciones antes mencionadas, debe estar equipada con partes modificadas o adicionales, adecuadas al tipo de suelo a sembrar. Por ejemplo, la función de abrir un surco para la semilla se ve obstaculizada por la presencia de residuos de la cosecha anterior en la superficie del suelo. Por consiguiente, en la parte delantera de los mecanismos destinados a abrir los surcos, se coloca un disco ondulado o acanalado. En las sembradoras para siembra directa, los discos son prácticamente estándar (7,9). Gracias a su forma, el disco puede cortar los desechos y arar una pequeña franja que va de 2.5 cm (1") a 5.0 cm (2") de ancho (2).

---

Asimismo la rueda prensadora debe tener un diseño ligeramente diferente. En situaciones de siembra directa, hay poca tierra suelta para compactar. Por tal razón, la rueda prensadora normal, que suele tener la cara cóncava y en forma de U, no funciona en forma adecuada en estas condiciones, por lo que se necesita una rueda con una varilla en el centro o que tenga forma de "V" invertida para compactar la tierra alrededor de la semilla (8,9).

Las sembradoras que se emplean en suelos preparados en forma convencional no requieren forzosamente de un disco para alhojar la tierra y cortar los residuos de cosecha que se encuentren en la superficie. Tales sembradoras también pueden tener diversos tipos de abridores de surcos, por ejemplo, tipo azadón, tipo machete, de un sólo disco y de doble disco. No obstante, en las sembradoras para siembra directa resulta muy difícil incluir algún tipo de abridor de surcos que no sea el abridor de disco doble rodante. Estos discos no sólo cortan los residuos de la cosecha, sino que también reducen el impulso total que se requiere para tirar de la sembradora (8).

De la misma manera, los campos en los que se proyecta utilizar sembradoras para siembra directa no suelen ser tan uniformes y parejos como los que se preparan mediante métodos convencionales. Como consecuencia, es común que el resultado de dicha irregularidad sea la falta de uniformidad en la profundidad a la que se coloca la semilla. A fin de contrarrestar este problema, las sembradoras para siembra directa deben tener una rueda de control de profundidad tan cerca como sea posible del lugar en el que se deposita la semilla (2). Esto significa que las sembradoras deberán de ser más compactas y poseer pequeñas ruedas de control de profundidad en ambos lados de los abresurcos de disco doble.

Se efectuó una investigación para determinar qué sembradoras podían satisfacer las especificaciones antes mencionadas y cuáles eran las más adecuadas para las necesidades de pequeños agricultores. La única sembradora funcional, de operación manual y que podía ser tirada por un animal o un ser humano, que se encontró a raíz de esta investigación, fue una diseñada en el IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Ibadán, Nigeria). Sin embargo, a causa de su poco peso y de la naturaleza de su operación, esta sembradora no resultaba satisfactoria en suelos arcillosos y suelos limosos. Otras sembradoras comerciales resultaron imprácticas a causa del tamaño, el peso excesivo y el costo.

Como los modelos existentes resultaban inadecuados, se decidió comenzar a identificar componentes de sembradoras que se encontraban en el mercado mexicano. Se encontró una sembradora de tipo convencional, de fabricación local, tirada por animales, de marca Internacional Harvester. De esta sembradora, se tomó el mecanismo de medición, la tolva y la rueda prensadora, partes que se encuentran disponibles en el mercado y funcionan muy bien. Todos los demás componentes de la sembradora directa se diseñaron especialmente, teniendo en cuenta tres reglas básicas:

1. Emplear en lo posible partes que se encuentran en el mercado local.
2. Hacer que las partes diseñadas y fabricadas localmente fueran tan sencillas como fuese posible.
3. Incluir las características especiales de una sembradora que funcionase en condiciones de labranza de conservación.

Así pues, se diseñó una sembradora para siembra directa pequeña, sencilla y económica, de tal manera que un herrero local pudiese fabricarla (Figura 1).

### **Componentes de la sembradora**

Los principales componentes de esta sembradora son: disco ondulado, abresurcos de disco doble, mecanismo impulsor y además por su tamaño pequeño puede ser tirada por un animal o un tractor.

#### ■ **Disco ondulado**

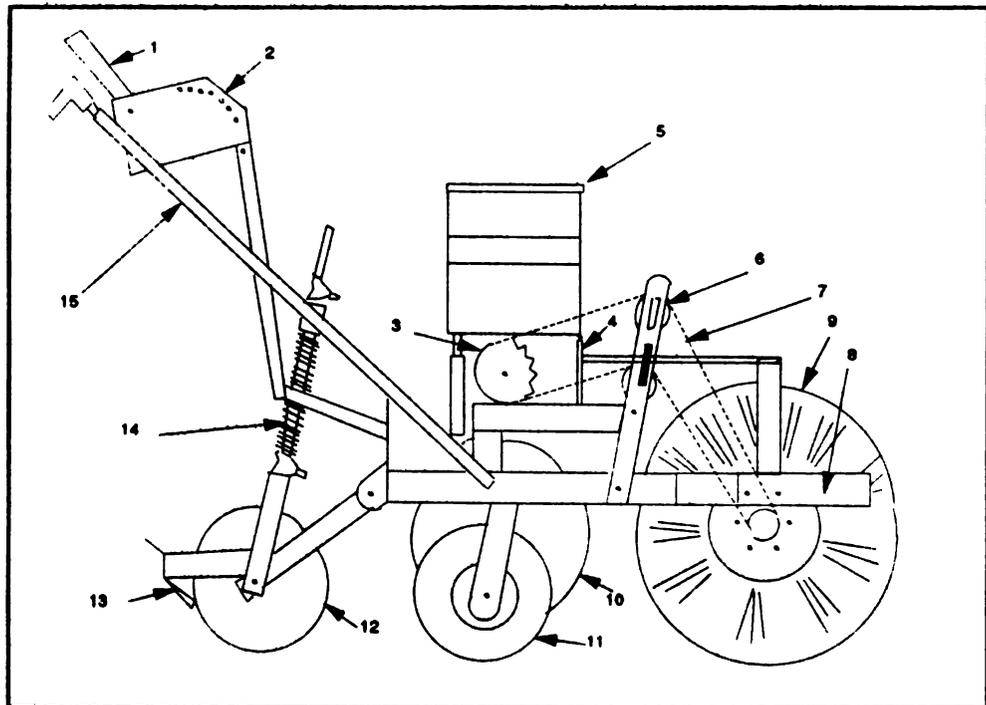
Los discos ondulados de acero rico en carbón no se encuentran en muchos países en desarrollo, de tal manera que para satisfacer la demanda de los discos necesarios para fabricar las sembradoras directas en dichos países, se diseñó un disco de bajo costo. Se decidió utilizar un disco de tipo ondulado porque:

1. Es más fácil de fabricar en una herrería local que el disco acanalado.
2. La mayor parte de los suelos en que se usará esta sembradora están localizados en pendientes empinadas y contornos escarpados; los discos ondulados son más adecuados en tales condiciones (9).

El disco ondulado se fabricó a partir de un tubo troquelado de acero de 7.5 cm (3") de diámetro. Se necesitan cuatro tramos de tubo, cada uno de 13 cm (5") de largo para fabricar un disco. Cada tramo de tubo se divide en cuatro segmentos cónicos. Cada segmento tiene un lado de 9 cm (3.7") de ancho y otro de 2 cm (0.8") de ancho. Los segmentos cónicos se colocan con el extremo más ancho hacia la parte externa en una secuencia alternada de uno con el canal hacia arriba y uno hacia abajo. De esta manera se requieren 16 segmentos para formar el círculo exterior de la cuchilla, que tiene un diámetro de 44 cm (17.5"). El disco central está formado por 16 piezas que se sueldan con una soldadora de arco. Los filos de la cuchilla se afilan y se tratan con un endurecedor del tipo TUNGTEC 10112 EUTALLOY (fabricado por la Eutectic Corporation) a fin de endurecer y proteger los filos de la abrasión excesiva.

#### ■ **Mecanismo impulsor**

Normalmente los mecanismos que depositan la semilla reciben potencia de la rueda prensadora que impulsa la sembradora. En esta sembradora, por el contrario, la potencia proviene del disco ondulado. El cambio fue necesario a causa de dos razones básicas: El poco peso de la sembradora y el hecho de que la superficie de la tierra que hace que resbale la rueda prensadora.



**Figura 1. Diagrama de la sembradora "Chiquita". 1) manivela del control de profundidad; 2) placa de acero; 3) engrane de mando del mecanismo medidor de semilla; 4) soporte de la tolva de semilla; 5) tolva de semilla; 6) polea loca; 7) cadena de eslabón; 8) bastidor; 9) disco ondulado; 10) abresurco de disco doble; 11) rueda reguladora de profundidad; 12) rueda prensadora; 13) limpiadora; 14) resorte compresor de rueda prensadora; 15) manubrio de altura ajustable.**

Se encontró que para reducir al mínimo el patinaje de la rueda compactadora se podía utilizar un resorte de gran resistencia. Sin embargo el hecho de empujar y meter por la fuerza la rueda compactadora en la tierra hacía que los discos dobles dejaran de estar a la profundidad a la que se les había colocado.

Con objeto de superar estos problemas, se decidió obtener la potencia de impulso del disco ondulado, que ejerce siempre una fuerza positiva en la tierra. La rueda dentada propulsora se ajusta al eje del disco, y se emplea una cadena de eslabones para uso agrícola para transmitir la potencia rotacional al mecanismo de medición de semilla.

#### ■ Abresurcos de disco doble

Los abresurcos de disco que se emplearon en un principio provenían de una sembradora mecánica en hileras de la marca John Deere, pero como no es posible conseguir dichos discos con facilidad, se diseñaron y fabricaron discos localmente. Los discos que se usan ahora se hacen localmente con láminas de acero con bajo contenido de carbón y tienen 30.5 cm (12") de diámetro y 0.3 cm (1/8") de espesor. Los discos giran sobre un cojinete de rodillos que se encuentra en el centro del disco. Dos pernos, uno con rosca a la derecha y otro con rosca a

la izquierda, sujetan los discos a una ménsula que se ajusta entre los discos. La ménsula también sostiene un tubo a través del cual se depositan las semillas. Los discos se ajustan de tal manera que converjan al cortar la tierra. Dichos discos se encuentran a 4 cm (19/16") de distancia en el lado posterior de la sembradora. Los filos de los discos se tratan con TUNGTEC u otro endurecedor.

■ **Rueda prensadora**

La rueda prensadora utilizada se fabrica localmente y se puede encontrar con facilidad. Esta se fabrica por mitades que al unir las, constituyen una rueda con una cara cóncava. A las dos mitades se les dio vuelta para formar una rueda de prensa tipo "V", necesaria en condiciones de siembra directa.

■ **La estructura**

La estructura se diseñó para contrarrestar las fuerzas de torsión y la tensión de flexión que actúan sobre ella, y por lo tanto se fabrica con barras de 5 cm (2") y de 0.8 cm (5/16") de espesor que se sueldan donde sea necesario. La estructura sostiene todas las partes de la sembradora, incluyendo las ruedas reguladoras de la profundidad y de transporte, el mecanismo de control de la profundidad y el manubrio.

La estructura es compacta y mide 90 cm (35.5") de largo y 45 cm (17 3/4") de ancho. La sembradora pesa, con la tolva para semillas vacía, un total de 80 kg (166 lb). Este peso es suficiente para obtener una buena penetración en diversos tipos y condiciones de suelo. Cuando la sembradora es tirada por un animal, este peso no ocasionará, como lo demuestran las pruebas, ningún problema al agricultor. Al llegar al final del surco, puede usar las ruedas de transporte para facilitar el giro de la sembradora.

**Opciones  
de tracción**

La "Chiquita" para siembra directa puede ser tirada por un animal o un tractor. No obstante, es preciso tomar en cuenta que la localización del punto de enganche en la parte delantera es distinta, cuando se une a un tractor que cuando se une al tiro de un animal. Al trasladar el punto de enganche a la parte central, se contrarresta el jalón natural del animal con arnés, que es ascendente y que normalmente tiende a sacar el disco ondulado de la tierra, así se logra que el disco se introduzca en la tierra.

■ **Bajo costo**

Tomando como base el precio de los materiales adquiridos en el mercado mexicano, el costo de fabricación de una sembradora en México equivalía a US\$100.00 en 1983.

---

### ■ Pruebas de funcionamiento

Se llevaron a cabo tres tipos de pruebas con la sembradora (4):

1. Comprobación de semillas dañadas mecánicamente.
2. Comprobación de siembra de más de una semilla por golpe.
3. Comprobación de la uniformidad del espaciamiento entre las semillas.

En las primeras dos pruebas sólo se encontró un poco de resquebrajamiento de las semillas cuando se usaban semillas no clasificadas en base al tamaño. En este caso, las semillas más grandes tendían a quebrarse y era frecuente que se plantaran al mismo tiempo, más de una de las semillas más pequeñas. Sin embargo, estos resultados tienen poco que ver con el diseño de la sembradora. En cuanto a la uniformidad de la siembra, no hubo ningún problema evidente, ya que las ruedas dentadas y los platos de semilla del mecanismo de medición se pueden cambiar para obtener diferentes espaciamientos.

El disco ondulado se sometió a prueba en diversos tipos de suelos y demostró ser funcional y satisfacer los dos requisitos básicos que se mencionan a continuación:

1. Cortar los residuos de la cosecha y abrir la tierra cuando la superficie está cubierta de malezas y residuos de cosecha.
2. Proporcionar un impulso positivo al mecanismo de depósito de semillas.

En la actualidad se llevan a cabo otras pruebas cuyo objetivo consiste en determinar la duración del funcionamiento de la sembradora antes de que los filos de las cuchillas necesiten afilarse y tratarse con endurecedor.

### **Planes futuros**

Se proyecta efectuar nuevas pruebas utilizando un animal con arnés para tirar dos sembradoras en tándem. Es posible que este método resulte más conveniente desde un punto de vista agronómico porque de esta forma se puede guiar al animal entre los surcos de la siembra. Con el método actual, la sembradora deposita la semilla en el mismo lugar por donde camina el animal.

Se planifican nuevas pruebas con la sembradora en diversas localidades de México (5,6). Estas pruebas proporcionarán cifras exactas sobre la vida útil de las partes que están en contacto con la tierra, factores humanos y comodidad de uso de la sembradora, así como de sus limitaciones, en caso de que las tenga, en diversos tipos de suelo y diferentes condiciones de humedad. Pruebas semejantes se llevarán a cabo en otros países en donde se usará la sembradora. En esta fase se estudiará la posibilidad de efectuar modificaciones necesarias para adaptarse a las condiciones locales y a la disponibilidad de materiales.

**Referencias**

1. Bainer, et al. 1965. Principles of Farm Machinery, John Wiley & Sons. N.Y. Fourth Edition. p225.
2. Fundamentals of No-Tillage Farming, 1983. AAVIM Driftmier Eng. Center. Athens, Georgia. p.119.
3. Hunt. D. 1977. Farm Power and Machinery Management. Iowa State Press. Seventh Edition. p 114-117.
4. Muhtar, H. 1974. Design and Adaptation of a Graindrill to a Local Plow Frame. Master thesis. American University of Beirut. Beirut, Líbano. p 4.
5. Palmer, F. 1983. Informe no publicado del CIMMYT.
6. Palmer, F., et al. 1983. CIMMYT'S Experience with Minimum/Zero Tillage for Maize in the Lowland Tropics of Mexico. IX Conferencia de la Sociedad Asiática y del Pacífico de la Ciencia de Malezas sobre "El Control de las malezas en los sistemas de cultivo", Nov. 28 a Dic. 2 de 1983, Manila, Filipinas.
7. Phillips, S.H. y H.M. Young, 1973. No-Tillage Farming, Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin. p 143-146.
8. Schaaf, D. E., et al. 1980. Performance Evaluation on Furrow Openers, Cutting Coulter, and Press Wheels for Seed Drills. Memoria de la Conferencia de la ASAE sobre Producción de Cultivos con Conservación en la Década de los 80. Dic. 1 y 2 de 1980. p. 76-84
- 9 Successful Farming Conservation Tillage Guide. 1983. Successful Farming Marketing Development. Des Moines, IOWA. p 27.





INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA