

CONVENIO



MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS AGRÍCOLAS

Fabio R. Leiva





FONDO NACIONAL
CEREALISTA

MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS AGRÍCOLAS

FABIO R. LEIVA

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, octubre de 1998

PUBLICACIÓN FINANCIADA CON RECURSOS DEL CONVENIO



**FONDO NACIONAL
CEREALISTA**

- © **Convenio Sena - SAC - Fenalce - Fondo Nacional Cerealista**
- © **Fabio R. Leiva**

Primera edición: Octubre de 1998
Edición: Carlos Naranjo Ossa
Diseño: *Dannhte*

PRODUCCIÓN EDITORIAL
Fotomecánica, impresión y encuadernación:



Tel: 288 5338, Bogotá, DC

El contenido de esta publicación es propiedad del Convenio
Sena - SAC - Fenalce - Fondo nacional Cerealista.
Prohibida su reproducción para fines comerciales.

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

CONTENIDO

RESUMEN	5
AGRICULTURA Y DESARROLLO SOSTENIBLE	5
Agricultura sostenible	8
Impactos de las actividades agrícolas en el suelo	8
Prácticas que contribuyen a la sostenibilidad de suelos	11
<i>Manejo de los nutrientes del suelo</i>	11
<i>Manejo del agua</i>	12
<i>Manejo mecanizado del suelo</i>	12
Equipos y sistemas de labranza	13
Humedad del suelo	18
Daño físico al suelo	19
Comparación de sistemas de labranza	20
Importancia de la investigación	23
Conclusiones y recomendaciones	24

MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS AGRÍCOLAS

Fabio R. Leiva¹

RESUMEN

La presente publicación analiza la contribución que diferentes prácticas agrícolas mecanizadas hacen a la sostenibilidad productiva de los suelos, con énfasis en cultivos anuales. Se discuten aspectos que afectan la sostenibilidad ambiental, social y económica de la producción agrícola, resaltando los principales impactos de tal actividad sobre el suelo. Se comparan características, ventajas y desventajas de diferentes equipos y sistemas de labranza, haciendo énfasis en la contribución de la labranza de conservación al desarrollo de una agricultura sostenible. El estudio reconoce las limitaciones del conocimiento actual sobre el desarrollo práctico de la agricultura sostenible y destaca la importancia de impulsar la investigación aplicada con difusión de sus resultados. Al final se incluyen conclusiones y recomendaciones del estudio.

AGRICULTURA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

La agricultura tiene efectos importantes sobre el medio ambiente. Las labores agrícolas pueden causar daño al suelo mediante erosión, compactación, reducción del contenido de nutrientes y de materia orgánica, y disminución de la fauna del suelo (p. ej. lombrices y microorganismos). El uso de agroquímicos tiene implícita la posibilidad de afectar la salud humana y contribuir a la contaminación de las aguas afectando los peces y otros animales acuáticos.

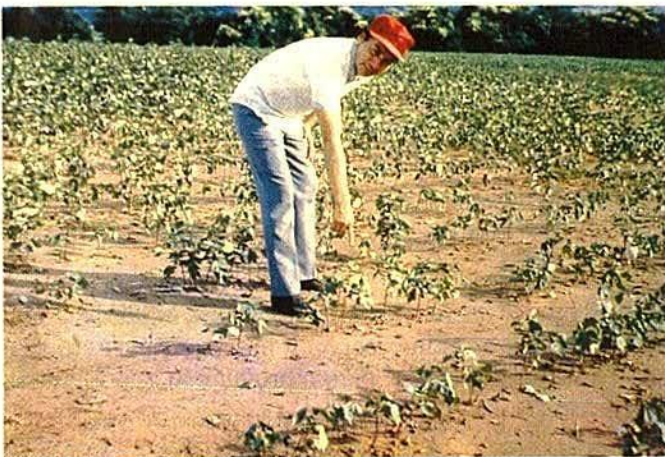
La agricultura moderna se basa en los combustibles de origen fósil (diesel, gasolina, gas) para operar máquinas agrícolas y para la fabricación de fertilizantes y plaguicidas. Dichos hidrocarburos son recursos naturales no renovables, o sea que no tienen capacidad para reproducirse, y por consiguiente su uso conlleva su desaparición con el tiempo.

1. Ing. Agric., M. Sc., Ph. D., Profesor Asociado Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D. C:

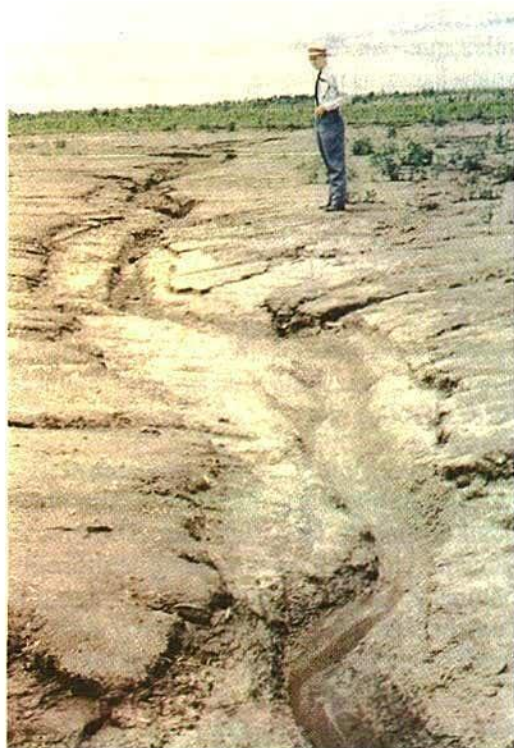
El daño en el ambiente puede afectar la sostenibilidad de la producción agrícola en el largo plazo y, además, puede tener efectos fuera de las explotaciones agrícolas. Algunos de los famosos desiertos que existen actualmente fueron en el pasado tierras fértiles. La erosión de suelos reduce la capa arable, causando pérdidas de espacio para las raíces de los cultivos, la disminución de nutrientes del suelo y la merma de la capacidad de almacenamiento de agua. El suelo que se desprende puede arrastrar agroquímicos y causar daños en vías de transporte y fuentes de agua.



1. *La erosión de suelos es uno de los daños ambientales más graves en la agricultura nacional.*



2. *La excesiva preparación de suelos es una práctica costosa que afecta negativamente el desarrollo de los cultivos.*



3. *Las partículas finas del suelo son muy propensas a ser arrastradas por el agua.*

La agricultura juega un papel fundamental desde el punto de vista social. Tiene el reto de suministrar alimentos a una población creciente. Además, en países como el nuestro, genera empleo para un porcentaje elevado de la población, incluyendo propietarios y arrendatarios de predios, y mano de obra ocupada directamente en labores agrícolas. De otro lado, las cadenas alimenticia y agroindustrial son fuentes importantes de empleo.

La agricultura tiene efectos económicos importantes dentro y fuera de los predios. Vista como un negocio, debe producir una cierta rentabilidad o be-



4. *La preparación del suelo en estado seco requiere alta potencia del tractor y propicia la pulverización del suelo.*

neficio económico al agricultor. Sin embargo, esa rentabilidad algunas veces se consigue causando daños ambientales que causan perjuicio económico a la sociedad. La purificación de aguas para hacerlas potables, la limpieza de sedimentos en hidroeléctricas y carreteras, y la escasez de aguas por deforestación, son ejemplos de efectos ambientales que tienen costos directos para la sociedad.

AGRICULTURA SOSTENIBLE

En las condiciones actuales de nuestro país se requiere un tipo de agricultura que sea amigable con el ambiente y viable para los productores comerciales. La agricultura sostenible busca demostrar que puede ser una actividad rentable sin destruir el ambiente en el cual se desarrolla.

En este orden de ideas, la agricultura sostenible se define como una actividad económica que busca sostener en el largo plazo la producción de alimentos y otros materiales vegetales de calidad de manera favorable para el ambiente, socialmente aceptable y económicamente viable. Este tipo de agricultura representa un gran reto para los productores, los profesionales del sector agrícola y los gobernantes. Los conocimientos, la capacidad administrativa y el apoyo institucional son factores fundamentales para el desarrollo de una producción con estas características.

IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN EL SUELO

La Tabla 1 ilustra los principales impactos causados por actividades agrícolas sobre el suelo, incluyendo aspectos físicos, químicos y biológicos.

La materia orgánica es uno de los principales componentes del suelo agrícola y juega un papel fundamental en procesos químicos, biológicos y físicos. La materia orgánica aporta nutrientes, está estrechamente ligada con los organismos del suelo, contribuye a degradar plaguicidas y a dar mejores características físicas al suelo. Suelos con bajos contenidos de materia orgánica son más susceptibles al daño en la estructura y a la compactación.

Los suelos del trópico, particularmente en zonas cálidas, pierden con facilidad materia orgánica, causando su degradación y contribuyendo a la contaminación ambiental. Una de las causas principales de la pérdida de materia orgánica es la preparación excesiva de los suelos. El laboreo lleva a mineralizar la materia orgánica (paso del estado orgánico al estado mineral), desprendiendo dióxido de carbono (CO_2) y nitratos (compuestos de nitrógeno). El CO_2 es el principal gas causante del calentamiento general de la tierra. Los nitratos son contaminantes de las aguas, con capacidad para producir muerte de peces y otras especies

**TABLA 1. Posibles impactos negativos sobre el suelo,
causados por actividades agrícolas.**

Componente	Causas	Efectos
Físico Daño a la estructura del suelo	Excesivo laboreo Tránsito de maquinaria agrícola	Incremento en el uso de energía- Incremento en el riesgo de compactación. Riesgo de encostramiento superficial- Dificultad para la emergencia de plántulas. Disminución de la infiltración y el movimiento de agua en el suelo. Incremento en el riesgo de erosión.
Compactación de los suelos	Tránsito de maquinaria agrícola Uso de equipo pesado en suelos húmedos. Moldeamiento causado por los arados de discos y las rastras de discos.	Desgaste prematuro de los equipos y máquinas agrícolas. Dificultad para el desarrollo de las raíces y los cultivos. Disminución de la toma de nutrientes del suelo por las raíces. Incremento en el uso de energía- Incremento en la resistencia del suelo. Disminución de la infiltración y el movimiento de agua en el suelo. Disminución de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Disminución de aireación del suelo- Disminución de la actividad biológica del suelo.
Erosión	Excesivo laboreo especialmente en las zonas de ladera. Remoción de la cobertura del suelo. Inversión del suelo en el sentido de la pendiente.	Disminución de la profundidad efectiva del suelo. Disminución de la fertilidad del suelo. Sedimentación en ríos y vías- Transporte de los agroquímicos a las fuentes de agua. Peligro de derrumbes y daños en áreas habitadas.
Químico Disminución de materia orgánica	Toma de nutrientes del suelo por los cultivos. Excesivo laboreo del suelo.	Disminución de los nutrientes del suelo. Disminución de la estabilidad estructural del suelo. Incremento en el riesgo de compactación. Riesgo de contaminación de las aguas por nitratos. Riesgo de contaminación atmosférica por la producción de CO ₂ .
Cambio en el pH del suelo (salinidad y acidificación)	Inapropiada fertilización. Drenaje inadecuado del suelo.	Disminución de la disponibilidad de los nutrientes del suelo. Disminución de la actividad biológica del suelo. Limitaciones serias para el desarrollo de los cultivos.
Biológico Disminución de la actividad biológica del suelo	Uso de plaguicidas. Excesivo laboreo del suelo. Compactación.	Disminución de la capacidad del suelo para reciclar nutrientes. Disminución de la capacidad del suelo para degradar plaguicidas. Disminución de los nutrientes del suelo.



5. *La principal causa de compactación de suelos en la agricultura moderna es el tránsito de vehículos con llantas.*



6. *El penetrómetro de cono permite conocer el grado de compactación del suelo.*



7. *La desbrozadora pica y esparce sobre el suelo socas de cultivo, material vegetal y malezas.*

acuáticas, y han sido relacionados con enfermedades en niños (enfermedad del bebé azul) y con cáncer de estómago. Estos aspectos destacan la importancia de conservar y recuperar la materia orgánica en nuestros suelos.

Es importante destacar otros efectos negativos causados por el laboreo excesivo del suelo: resulta costoso, requiere bastante energía (maquinaria agrícola y combustibles) y trae consigo riesgo de encostramiento superficial, peligro de erosión y problemas de compactación por el excesivo tránsito de maquinaria.

La mayoría de los impactos presentados en la Tabla 1 tienen consecuencias económicas para el agricultor, puesto que pueden aumentar los costos de producción, limitar el desarrollo normal de los cultivos y disminuir los rendimientos de las cosechas y la rentabilidad del negocio agrícola.

PRÁCTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA SOSTENIBILIDAD DE SUELOS

A continuación se analizan algunas prácticas que pueden contribuir a mejorar la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas, haciendo énfasis en el manejo mecanizado de suelos.

Manejo de los nutrientes del suelo

Una rotación adecuada que incluya cultivos con diferentes requerimientos de nutrientes, el manejo apropiado de los residuos de cosechas y el mantenimiento



8. *El suelo es un ser vivo.*

la cantidad de fertilizante a utilizar. Una dosis adecuada y la correcta aplicación del fertilizante o abono, en el momento oportuno, son necesarios para garantizar un buen desarrollo de los cultivos, sostener la capacidad productiva de los suelos y disminuir el riesgo de contaminación ambiental.

La disponibilidad y los costos de abonos y fertilizantes son aspectos importantes que se deben considerar. Un sencillo cálculo permite comparar los costos de esta práctica frente a los beneficios económicos obtenidos. P. ej: Si en una finca el aumento en rendimiento con fertilización es de una tonelada de maíz por hectárea, con un precio de \$300.000, y el costo del fertilizante y de la aplicación es de \$180.000 por hectárea, la ganancia con la fertilización será de \$120.000 por hectárea. Además, se debe tener presente que la fertilización puede mejorar la calidad del producto final, logrando mejores precios en el mercado. Dicha ganancia debe ser tenida en cuenta en el cálculo económico.

Manejo del agua

Los cultivos requieren agua para poder alimentarse y desarrollarse apropiadamente. El manejo del agua es un aspecto central en la agricultura moderna, particularmente ahora cuando los cambios climáticos ocurridos en nuestro planeta han hecho que en muchas zonas sea un recurso escaso y costoso. Bajo

de la biología del suelo son importantes para conservar la fertilidad del suelo. Los organismos del suelo, incluyendo lombrices y microorganismos, favorecen la descomposición de los residuos orgánicos contribuyendo al reciclaje de los nutrientes.

Para garantizar la sostenibilidad de la producción de cosechas, debemos reponer los nutrientes que los cultivos toman del suelo. Esto se puede lograr usando abonos orgánicos (estiércoles y residuos vegetales) y fertilizantes fabricados por el hombre. Es importante considerar los posibles efectos negativos de algunos nutrientes como los nitratos y fosfatos, los cuales pueden contaminar las fuentes de agua.

El análisis químico del suelo nos permite determinar el tipo y

dichas condiciones, la sostenibilidad de la producción agrícola requiere como aspecto central la conservación de la humedad del suelo. Esto es posible mediante prácticas como la labranza de conservación, la cual deja coberturas en la superficie del suelo, reduciendo la evaporación, favoreciendo la infiltración y disminuyendo el efecto directo del sol y de las gotas de agua sobre la superficie del suelo. La excesiva preparación del suelo, el retiro de coberturas superficiales (suelos desnudos) y la compactación deben evitarse, dado que reducen la humedad aprovechable para el cultivo.

Es recomendable analizar la viabilidad de utilizar sistemas de riego que mejoren el rendimiento y la calidad de las cosechas. La eficiencia del sistema de riego tiene una gran importancia; el agua es un recurso muy valioso que no podemos desperdiciar. Similar a lo mencionado en el caso de la fertilización, es posible realizar una comparación económica entre el costo del riego y la ganancia que se obtiene mediante el uso de esta práctica, incluyendo la mejora en la calidad del producto final.

Manejo mecanizado del suelo

La labranza o preparación mecanizada del suelo afecta el desarrollo del cultivo y tiene importantes impactos ambientales (Tabla 1). La preparación mecanizada del suelo es la operación de campo que generalmente requiere mayor energía en la explotación agrícola y sus costos representan un porcentaje elevado de los costos totales de la producción de cultivos.

Tradicionalmente, con la labranza se busca preparar una cama adecuada para la semilla y cumplir los siguientes objetivos:

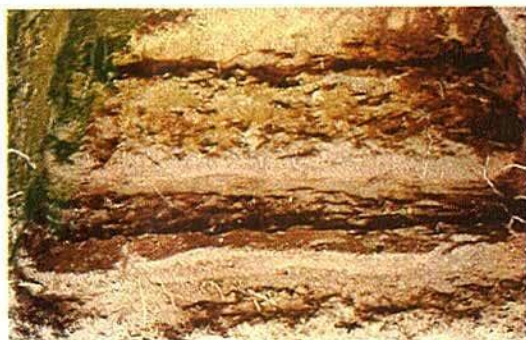
- ◆ Controlar malezas.
- ◆ Disminuir la resistencia del suelo al desarrollo de las raíces.
- ◆ Generar una estructura adecuada en el suelo.
- ◆ Contribuir al manejo del agua.
- ◆ Contribuir a la aireación del suelo.
- ◆ Controlar plagas (principalmente del suelo).

EQUIPOS Y SISTEMAS DE LABRANZA

Existe una gama amplia de equipos y sistemas de manejo mecanizado de los suelos. Conocer sus características, ventajas y desventajas nos permite manejarlos adecuadamente y mantener y mejorar nuestros suelos agrícolas.

La preparación de suelos se puede realizar mediante la labranza convencional o bien mediante prácticas alternativas, incluidas dentro del término 'labranza de conservación'. Los sistemas de labranza de conservación incluyen labranza reducida (también llamada labranza mínima) y siembra directa (tam-

bién llamada no labranza, o labranza cero). En Colombia, con la labranza convencional se invierte el perfil del suelo y se utilizan de manera intensiva equipos como el arado de discos, el arado rotatorio (rotovator) y las rastras de discos. En la labranza reducida se disminuye la intensidad de la preparación y se evita la inversión del perfil del suelo con el fin de contribuir a su conservación y a reducir costos. La siembra directa consiste en la eliminación de las operaciones con arados y rastrillos, y la colocación de la semilla directamente en el suelo sin retirar la cobertura vegetal.



9. *Una calicata resulta útil para conocer el perfil del suelo y decidir sobre el tipo de labranza.*

10. *El arado de discos es el implemento típico de la labranza convencional.*



11. *El arado rotatorio es un equipo bastante agresivo con el suelo y debe ser operado por personal muy bien capacitado.*



12. Las rastras de discos son máquinas de alto rendimiento, pero su uso excesivo lleva a compactar el suelo.

Los arados de discos y las rastras de discos favorecen el volteo del suelo y la incorporación de coberturas en su perfil. Uno de los principales problemas con estos equipos es la posible formación de costras endurecidas cuando se trabajan a la misma profundidad y en suelos húmedos (Tabla 2).



13. Los rastrillos pulen la cama de semillas. Su uso indiscriminado es causa de pulverización y compactación del suelo.

Los arados rotatorios se recomiendan para condiciones especiales de suelos duros y con problemas particulares de residuos de cosecha y de malezas, como en el caso de potreros viejos que se van a incorporar a la producción agrícola. Estos arados pueden causar daño considerable al suelo y por consiguiente deben ser operados por conocedores.



14. Los subsoladores permiten remover la compactación y destruir capas endurecidas hasta los 60 cm de profundidad.

15. Los arados de cincel se recomiendan para labranza reducida. Los de tipo parabólico pueden alcanzar profundidades de 45 cm sin invertir el perfil del suelo.



16. Los arados de cincel vibratorios tienen un efecto importante de desterronamiento y pueden alcanzar profundidades de 40 cm sin invertir el perfil del suelo.

TABLA 2. Características de equipos agrícolas de uso común en nuestro país.

Equipo	Usos – Características de operación	Ventajas	Desventajas
Arado de discos	Suelos duros. Labranza con inversión del perfil del suelo. Incorpora residuos de cosecha. Profundidad de operación hasta 35 cm.	Costo inicial relativamente bajo. Requiere tractores con potencias relativamente bajas (hasta 60 HP).	Posibilidad de formación de piso de arado (20-30 cm de profundidad). Bajo rendimiento (≈ 3 hra/ha).
Rastra aradora	Incorpora residuos de cosecha. Profundidad de operación hasta 20 cm.	Alto rendimiento (< 1 hra/ha).	Posibilidad de formación de piso de rastra (15-20 cm). Costo inicial relativamente alto. Requiere tractores con potencias relativamente altas.
Rotovator	Suelos duros. Profundidad de operación hasta 20 cm. Mezcla el suelo hasta la profundidad de operación. Puede servir para incorporar enmiendas.	Alta eficiencia en la transmisión, dado que recibe potencia del toma de fuerza del tractor.	Ocasiona mayor desgaste al tractor. Alto riesgo de destrucción de la estructura del suelo. Requiere relativamente alta potencia por hectárea.
Subsolador	Labranza profunda (hasta 60 cm). Labranza sin inversión del perfil del suelo.	Apto para suelos con compactación subsuperficial o capas endurecidas hasta 60 cm de profundidad.	Requiere tractores con potencias altas. Es una práctica relativamente costosa. Importante evaluar condiciones que justifiquen su uso.
Arado de cinceles	Profundidad de operación hasta 30 - 45 cm. Labranza sin inversión del perfil del suelo. Pueden ser rígidos (parabólicos) o vibratorios	Apto para suelos con compactación superficial ($< 30 - 45$ cm). Apto para labranza mínima. Deja residuos en la superficie.	Requiere tractores con potencias relativamente altas.



17. *La combinación de operaciones ahorra tiempo, dinero y disminuye el riesgo de compactación de suelos.*

Los subsoladores y los arados de cincel no producen volteo y dejan coberturas en la superficie del suelo. La subsolación es una operación que exige potencias elevadas (un cuerpo de un subsolador requiere alrededor de 60 HP) y puede resultar costosa. Es importante evaluar si verdaderamente se necesita esta operación. El análisis del perfil del suelo mediante una calicata resulta bastante útil para este fin. Los arados de cincel se utilizan comúnmente en labranza reducida. Debido a sus características de operación, el cincel vibratorio produce mejor efecto de desterronamiento del suelo que el rígido (parabólico), y quizás por esto es más utilizado en Colombia.

HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo en el momento de la preparación juega un papel fundamental en la calidad de la labor, las necesidades de potencia y la posibilidad de daño al suelo (Tabla 3). Cuando el suelo se encuentra seco se dice que está en una consistencia cementada. A medida que el suelo se humedece adquiere consistencia friable, luego plástica y por último líquida cuando la humedad es muy alta. La condición ideal para preparar un suelo es en la consistencia friable, ya que las necesidades de potencia y la posibilidad de daño al suelo son mínimas. Para trabajar en esta condición se necesita tener equipos de buen rendimiento y en buen estado de operación.

TABLA 3. Relación entre la humedad del suelo y las operaciones de labranza.

Consistencia del suelo	Características	Necesidades de potencia	Posibilidad de daño al suelo
Cementado	Suelo seco	Altas	Considerable. Riesgo de pulverización.
Friable	Se puede formar un rollito de suelo que se deshace con facilidad.	Mínimas	Mínima
Plástico	Se puede formar un rollito de suelo que se mantiene aun bajo presión. El suelo se deja moldear. La muestra de suelo desprende humedad.	Pueden ser elevadas cuando el suelo se adhiere a la herramienta de labranza.	Alta. El suelo se deforma y se puede compactar con facilidad.
Líquido	El suelo se comporta como un líquido viscoso	Muy bajas.	Alta. La estructura del suelo se destruye con facilidad. Consistencia para fanguero (arroz).

Con el fin de garantizar una labor de calidad, reducir el consumo de potencia y disminuir el riesgo de daño al suelo es importante evitar el laboreo en condiciones extremas de humedad (suelo cementado o plástico).

DAÑO FÍSICO AL SUELO

Existen básicamente tres tipos de daño físico en el suelo: moldeamiento o amasado, daño estructural y compactación. El moldeamiento sucede bajo condiciones de alta humedad del suelo, particularmente con herramientas de discos o cuchillas en forma de "L" como las usadas por el rotovator. El daño estructural se presenta cuando los terrones del suelo son destruidos llevándolos a tamaños muy finos; ocurre principalmente por efectos del excesivo laboreo y/o tránsito de llantas con alto patinamiento. La compactación puede ser localizada cuando se forma una capa endurecida a cierta profundidad del suelo (piso de arado, hardpan) o bien generalizada, cuando todo el perfil del suelo se compacta presentando alta densidad aparente.

La Tabla 4 ilustra el riesgo de daño físico al suelo con diferentes equipos agrícolas. Es importante destacar el riesgo que puede ocurrir con llantas agrícolas, particularmente con alta presión de contacto (llantas pequeñas que soportan altas cargas, o llantas con alta presión de inflado) y con alto patinamiento (llantas con labrado desgastado o inapropiado en tractores que tiran de cargas elevadas).

TABLA 4. Posibilidad de daño físico al suelo con diferentes equipos.

Equipo	Moldeamiento	Daño estructural	Compactación	
			Localiza.	General
Arado de discos	M		M	
Rastra de discos	M	M	M	
Rotovator	M	A	M	
Arado de cinceles / subsolador	B		B	
Llanta de baja presión de inflado		B	B	B
Llanta de alta presión de inflado		M	M	M
Llanta con alto pateamiento	A	A	A	A

A: alto M: medio B: bajo

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA

La Tabla 5 presenta una comparación entre los diferentes sistemas de labranza con relación a los componentes de sostenibilidad. Los resultados en Colombia muestran que los sistemas alternativos de labranza permiten obtener rendimientos de cosecha similares, y algunas veces superiores, a los obtenidos con la labranza convencional. La labranza reducida y la siembra directa han mostrado rendimientos mayores particularmente en condiciones de temporada seca durante el desarrollo del cultivo.

TABLA 5. Comparación entre diferentes sistemas de labranza en relación con componentes de sostenibilidad.

Componente	Sistemas de labranza		
	Convencional	Mínima	Cero
Materia orgánica	--	+	++
Humedad	--	+	++
Compactación	-, +	+	-, +
Erosión	-	+	++
Uso de plaguicidas	-	-	--
Energía (combustible)	--	+	++
Tiempo para las operaciones	--	+	+
Costos	-	+	-, +

+ = efecto positivo, - = efecto negativo

La labranza convencional tiene la ventaja de ser un sistema con el cual el agricultor está familiarizado. Sin embargo, tiene las siguientes desventajas: exige una cantidad considerable de energía (combustible) para el tractor; contribuye a la pérdida de materia orgánica del suelo; tiende a causar compactación por excesivo tránsito de maquinaria; y, contribuye a la erosión del suelo. La labranza convencional, además deja el suelo desnudo facilitando la pérdida de humedad por evaporación y permitiendo cambios bruscos en la temperatura de éste (de la noche al día). El manejo de malezas resulta poco adecuado, debido a que la preparación de suelos en forma convencional favorece el desarrollo de las malezas, tanto como el del cultivo. Adicionalmente, los costos de la labranza convencional resultan por lo general elevados.

La labranza reducida es más económica que la labranza convencional. Reducir pases de rastras o rastrillos, eliminar el paso de arados, preparar únicamente franjas adyacentes al sitio donde se deposita la semilla y combinar ope-



18. Máquinas apropiadas permiten cumplir con las exigencias de la agricultura moderna en relación con siembras uniformes y precisas.



19. La siembra directa trae consigo ahorros importantes de maquinaria.



20. *Máquina para siembra directa en cultivos en hileras.*



21. *Cultivo en siembra directa; muestra uniformidad en el desarrollo vegetativo.*

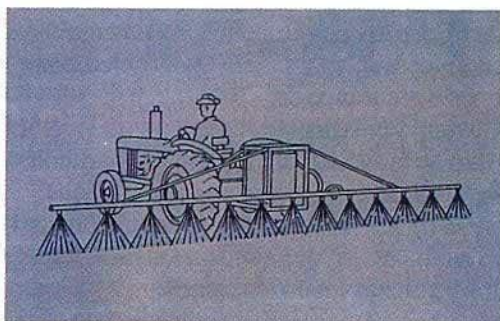
raciones de rastrillada y nivelación o de siembra y fertilización, son ejemplos de prácticas que pueden ahorrar costos. Sin embargo, la labranza reducida puede requerir mayor capacidad administrativa por parte del técnico o agricultor. La preparación del suelo en condiciones adecuadas de humedad (condición friable) es un aspecto fundamental en la reducción de operaciones de labranza.

En la labranza reducida se deja cierta cobertura y por consiguiente se prefiere el uso de equipos que no invierten el suelo, como los arados de cinceles. La siembra bajo estas condiciones puede requerir el uso de sembradoras equipadas con abresurcos de discos, los cuales permiten reducir el tamaño de terrones adyacentes al sitio donde se coloca la semilla y no se atascan con los residuos de cosecha. Cuando se presenta una alta cantidad de residuos (p. ej. socas del cultivo anterior) y/o de malezas es recomendable el uso de desbrozadoras o cortamalezas que corten dicho material y lo dejen en la superficie, de manera que protejan y aporten nutrientes al suelo.

En la siembra directa la semilla se coloca en el surco hecho en el suelo, sobre la cobertura del cultivo anterior, con una sembradora especialmente di-

señada para este fin. El control de malezas se basa en el uso de herbicidas y el manejo de coberturas vegetales. Este sistema tiene como ventajas principales con relación al suelo: la protección contra la erosión; el incremento en el contenido de materia orgánica con lo cual se favorecen sus características físicas, químicas y biológicas; la conservación de la humedad; la mejora en la actividad biológica, y la protección contra los cambios de temperatura debido a la cobertura superficial. La siembra directa conlleva ahorros considerables en tiempo, permitiendo realizar siembras oportunas. La comparación de costos entre este sistema y el convencional depende en primera instancia de la relación entre el costo de los herbicidas utilizados y su aplicación frente al ahorro en costos en las operaciones de labranza.

La siembra directa se puede ver limitada por factores de suelo. En épocas húmedas (p. ej. temporada muy lluviosa) los suelos arcillosos pesados con malos drenajes resultan poco apropiados para el uso de este sistema. Experiencias comerciales en Colombia han demostrado la importancia de mejorar el drenaje de suelos pesados y/o con problemas de compactación antes de establecer la siembra directa. Para este fin es recomendable evaluar la utilización de subsoladores.



22. Una aplicación adecuada de herbicidas es un requisito básico de la siembra directa.

Algunas de las desventajas de la siembra directa incluyen dependencia de herbicidas sintéticos con potenciales efectos nocivos sobre el ambiente, y posibles incrementos en la incidencia de plagas (roedores y pájaros) y enfermedades. En el largo plazo, se puede presentar compactación acumulativa del suelo, especialmente cuando se utiliza equipo pesado en labores de protección, manejo y cosecha del cultivo. El sistema demanda mayores es-

fuerzos administrativos por parte del técnico o agricultor, y requiere buenos conocimientos técnicos y equipo apropiado, particularmente la sembradora y en el equipo para la aplicación del herbicida. En consecuencia, es recomendable buscar asesoría técnica y evaluar el sistema a nivel de la finca, iniciando con extensiones relativamente pequeñas.

IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Existen grandes limitaciones del conocimiento actual en relación con el desarrollo práctico de la agricultura sostenible, y particularmente sobre el impacto de las actividades agrícolas en el ambiente. Para mejorar ese conocimiento se necesita un apoyo decidido a la investigación de prácticas de agricultura sostenible por parte de las entidades oficiales y privadas.

La discusión presentada en esta publicación muestra que el manejo apropiado del suelo tiene un gran potencial para mejorar la sostenibilidad de la agricultura nacional, en aspectos ambientales, sociales y económicos. En consecuencia, la investigación en la sostenibilidad de suelos es prioritaria y necesita recibir recursos adecuados. Esta actividad debe responder a las necesidades de nuestra agricultura y nuestros agricultores, enfatizando en investigaciones aplicadas a nivel de finca que involucren a los productores rurales. Los resultados de estas investigaciones se deben dar a conocer mediante mecanismos apropiados que faciliten la transferencia de tecnología al agricultor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El concepto de sostenibilidad agrícola debe involucrar los factores ambientales, sociales y económicos en los cuales se desenvuelve la agricultura nacional. El presente estudio ha mostrado que existe un gran potencial para mejorar la sostenibilidad de la agricultura nacional mediante prácticas apropiadas de manejo de suelos. El estudio conduce a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- ◆ Es posible disminuir costos sin sacrificar los rendimientos de las cosechas, mediante prácticas adecuadas y ambientalmente sanas. Como ejemplo se tiene la reducción de las operaciones de labranza del suelo.
- ◆ La labranza de conservación, incluyendo la labranza reducida y la siembra directa, puede contribuir al desarrollo de la agricultura sostenible, particularmente en la conservación de aguas y suelos, y en aspectos económicos.
- ◆ Se recomienda la realización de investigaciones aplicadas para evaluar sistemas de labranza de conservación en fincas, involucrando a los productores rurales y difundiendo los resultados de dichas investigaciones.
- ◆ El desarrollo de la agricultura sostenible requiere del compromiso de todos nosotros, incluyendo a los agricultores, las agremiaciones de productores rurales y de la industria, las instituciones académicas y de investigación y el gobierno. Nuestro porvenir y el de las generaciones futuras dependen en alto grado del manejo que les demos a los recursos naturales.
- ◆ El desarrollo práctico de la agricultura sostenible es una decisión del agricultor, para la cual necesita apoyo técnico y de infraestructura adecuados. Los gremios de productores agrícolas y el gobierno tienen el gran compromiso de favorecer el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles.

Agradecimientos. El autor hace explícito su agradecimiento a los ingenieros Laureano Guerrero (ICA), Aurelio Mutis y Alvaro Espinosa (Intall) por los comentarios hechos a la versión final de este documento, así como por facilitar material gráfico para ilustrar esta publicación.