

## Rotación de cultivos y labranza mínima

La rotación de cultivos es un sistema en el cual éstos se siembran en una sucesión reiterativa y en una secuencia determinada sobre un mismo terreno (Page 1972). Experimentos que han durado más de 100 años en la Estación Experimental Agrícola en Rotterdam, Inglaterra, y en los terrenos de Morrow en la estación experimental agrícola de Illinois, han proporcionado importante información acerca de los efectos de la rotación de cultivos. Las pruebas indican que este sistema influye en la producción de las plantas, afectando la fertilidad, la erosión, la microbiología y las propiedades físicas del suelo, además a la sobrevivencia de agentes patógenos y, por último, al predominio de nemátodos, insectos, ácaros, malezas, lombrices de tierra y fitotoxinas (Summer 1982). Las rotaciones son el medio primario para mantener la fertilidad del suelo y lograr el control de malezas, plagas y enfermedades en los sistemas agrícolas orgánicos. Aun cuando muchas rotaciones se pueden aceptar, estas deben llevarse a cabo conforme a la siguiente pauta (Millington et al. 1990):

- Crear una fertilidad equilibrada e incluir un cultivo extractivo.
- Incluir un cultivo de leguminosas.
- Incluir cultivos con diferentes sistemas de rotación.
- Separar cultivos con plagas similares y susceptibilidad a las enfermedades.
- Rotar cultivos susceptibles a las malezas con cultivos que las detengan.
- Usar cultivos de abonos verdes y cobertura invernal del suelo.
- Aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

Se han utilizado estas estrategias de rotación para incorporar la diversificación a los sistemas de cultivo, para entregar nutrientes y manejar las plagas en el predio. Los mecanismos actuales que operan en las interacciones planta-animal, surgen de las rotaciones en un predio determinado, lo que se podría denominar, la estructuración biológica de un agroecosistema.

Los sistemas de cultivo que pueden mantenerse dependiendo de los recursos internos y renovables, se basan en un conocimiento más profundo del ambiente biológico y natural y en complejas interacciones entre los componentes de una secuencia de cultivo.

Una estructuración biológica eficaz depende de estas interacciones e interdependencias entre los cultivos y otros factores bióticos. Muchas de las interacciones más íntimas ocurren entre los cultivos presentes de un predio, al mismo tiempo, se traslapan o son secuenciales (Figura 11.1). Estas interacciones complejas se pueden denominar como la «secuencia biológica progresiva» en un predio, suma total de los cambios lineales y cíclicos que ocurren en un ambiente agrícola como resultado de las actividades de cultivo y las modificaciones del suelo que se producen por los cultivos y su manejo (Francis y Clegg 1990).

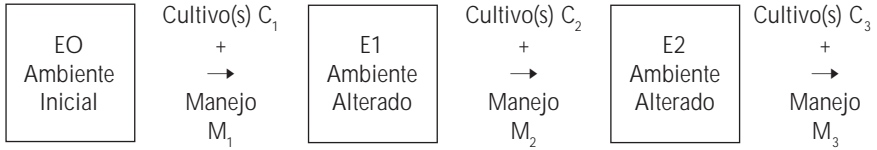


FIGURA 11.1 Patrón conceptual de los cambios dinámicos cíclicos y lineales en un ambiente como resultado de una sucesión cultivos y las decisiones de manejo (según Eduars et al. 1986).

### Beneficios y efectos de la rotación de cultivos

Hasta los años 50, los rendimientos de trigo y algodón en California dependían de los recursos internos, del reciclaje de nitrógeno y materia orgánica. El nitrógeno se obtenía rotando estos cultivos con leguminosas. Dos tipos de éstas se pueden utilizar para mejorar la fertilidad del suelo, principalmente mediante la contribución de nitrógeno: leguminosas con semillas anuales y forrajes perennes usados como cultivos de abono verde. De hecho, muchos agricultores optaron por un sistema fijo de rotación: una leguminosa (alfalfa), un cultivo de alto ingresos (algodón) y un grano de bajo ingresos (trigo). La alfalfa puede producir hasta 10 ton por hectárea de materia seca y fijar alrededor de unos 200 kg. de nitrógeno por hectárea, lo que es suficiente para satisfacer gran parte de la demanda de nitrógeno de los cultivos de granos. En muchas áreas del cordón maicero de EE.UU., la alfalfa puede proporcionar hasta un 50% de ahorro del costo de nitrógeno para el primer cultivo de maíz después de la alfalfa. Obviamente que durante su año en rotación, la alfalfa también produce alimento de alta calidad para el ganado.

En la actualidad es común alternar en el cordón maicero, los dos principales cultivos comerciales, maíz y soya. La producción de maíz (Tabla 11.1) aumentó entre 16% y 17% al cultivarlo después de la soya (*Glycine max*) y al compararla con la del maíz continuo (Francis y Clegg 1990). Recientemente, los investigadores concluyeron que los efectos de la rotación se debían, principalmente a la mayor disponibilidad de nitrógeno después de la soya; aunque una investigación más profunda ha señalado que siendo éste el factor principal, también es importante la intensificación de la actividad biológica del suelo. La fijación de nitrógeno efectuado por la soya, puede variar de 57 kg. a 94 kg. por hectárea al año. Las rotaciones más largas, de más de dos años deberían incluir, cada año un cultivo de grano pequeño y una mezcla leguminosa/pasto para un cultivo de heno. La selección del cultivo dependerá, prin-

Tabla 11.1 Rendimiento del maíz (kg./ha) después de soya comparado con el cultivo continuo de maíz al que no se le ha aplicado fertilizante adicional de nitrógeno.

Año(s)	Rendimiento del maíz	
	Después de maíz (kg./ha)	Después de la soya (kg./ha)
1962	1.483	4.089
1967-1984 (8 años)	5.259	8.412
1980	4.450	6.890
1982-1983 (2 años)	3.100	3.600

cialmente, del factor económico. Las rotaciones también pueden eliminar insectos, malezas y enfermedades quebrando en forma efectiva el ciclo de vida de las plagas. Los cultivos de «quiebre» otorgan un control eficaz de plagas y enfermedades, aumentando la eficacia con la duración y frecuencia de los «quiebres». En la mayoría de los casos, un corte al año es suficiente para poder controlar, dependiendo de las condiciones ambientales y de determinados agentes patógenos o especies de insectos (Bullen 1967; Tabla 11.2).

TABLA 11.2 Efecto de la rotación del cultivo de maíz en las poblaciones de plagas o en su potencial de daño (según Metcalf y Luckmann 1975).

	Rotación del Cultivo	Sin Rotación	Soya Pastos y Cultivos de Heno
Escarabajos en la semilla	0	0	+ <sup>a</sup>
Gusano en la semilla del maíz	0	0	+
Ciempíes	-	-	+
Gusanos blancos	-	+	+
Pulgón de la raíz del maíz	-	-	+
Colaspis de la uva	-	-	+
Gusano de la raíz en el norte	+	-	-
Gusano de la raíz en el oeste	+	-	-
Gusano de la raíz en el sur	0	0	0
Gusano alambre	0	+	0
Pseudococcidos	-	-	+
Babosas	-	-	0
Trips	0	?	+
Acaros	0	0	0
Gorgojo europeo del maíz	0	0	0
Gorgojo del sudoeste	0	0	0
Lombriz del maíz	0	0	0
Cogollero	0	0	0
Spodoptera	0	0	+
Chinche	0	0	+
Pulgón de la hoja del maíz	0	0	0
Totales			
	+	2	10
	-	6	2
	0	13	9
	?	0	0

+ La práctica podría incrementar la población o el daño causado por el insecto.

- La práctica podría reducir la población o el daño.

0 No afecta.

? no se conoce si afecta.

Las rotaciones orgánicas están diseñadas con el fin de evitar los factores que predisponen a un aumento en los niveles de daño de plagas y enfermedades. Se evitan los cultivos sucesivos de las mismas especies y no se siembran muy próximos los unos de los otros para evitar los problemas comunes de plagas y enfermedades. Mientras mayores sean las diferencias botánicas entre los cultivos en una secuencia de rotación, se puede esperar un mejor control cultural de plagas. La rotación de cultivos anuales de verano con anuales de invierno, cultivos perennes con anuales, leguminosas con cereales, cultivos de temporada larga con cultivos de temporada corta son algunos ejemplos (Millington et al. 1990). Es decir el trébol rojo y los frijoles de invierno son susceptibles al *Sclerotinia trifolium*; por lo que no sería ideal cultivarlos juntos en la rotación.

Las poblaciones de malezas son especialmente sensibles a los cambios en las especies de cultivo y a los herbicidas usados de una temporada a otra. Como ya se mencionó, la rotación de cultivos de verano con cultivos de invierno es beneficioso, pues brinda la oportunidad de controlar tanto las malezas de verano como las de invierno. La rotación de una especie perenne con una anual también proporciona cierto control cultural de malezas no adaptadas a ninguno de las dos sistemas (Francis y Clegg 1990).

La secuencia de cultivos dentro de una rotación, puede ser esencial dado que algunos cultivos producen más o menos dependiendo del cultivo que les siguen. La mayoría de los experimentos han indicado efectos dañinos de los cultivos continuos del maíz y de los granos pequeños sobre la materia orgánica y el nitrógeno, en suelos que no se han fertilizado. El sorgo es un cultivo notoriamente difícil de seguir. El rendimiento de casi cualquier cultivo después del sorgo, será menor que después del maíz, la soya o el trigo. Se ha señalado que el efecto del sorgo en los cultivos subsiguientes, se debe al alto contenido de carbohidratos en las raíces de éste. La descomposición de las raíces estimula el crecimiento microbial en el suelo y «ata» el nitrógeno y otros nutrientes en la microflora del suelo, fenómeno conocido como inmovilización. En otros casos, el efecto de un cultivo con el que le sigue, puede relacionarse con las sustancias químicas dejadas en el suelo o producidas por la descomposición de los residuos del cultivo. Por ejemplo, los rastrojos del trigo inhiben el crecimiento de los posibles cultivos siguientes. Se cree que ciertos microbios del suelo producen sustancias aleloquímicas durante la descomposición de residuos.

La investigación ha señalado que las secuencias que incluyeron una leguminosa como abono verde, incrementaron el rendimiento de cultivos subsiguientes. Los beneficios del abono verde se obtienen mediante el almacenamiento de materia orgánica y de nutrientes en el suelo, mediante cultivos de restablecimiento y a la liberación de nutrientes al descomponerse la materia orgánica en el momento en que son más requeridos por el cultivo siguiente. La contribución más importante de los cultivos de coberturas con leguminosas de invierno, en especial en suelos arenosos, fue el incremento de nitrógeno (Doll y Link 1957). A lo largo de EE.UU., sobre todo en áreas con temporadas más o menos largas de heladas, se han desarrollado diversas rotaciones (como trigo/soya/leguminosa de invierno/maíz, trigo/maíz para ensilaje; pasto ryegrass anual y posteriormente se puede sembrar de nuevo soya/grano pequeños de invierno/sembrados intercaladamente en cultivos de verano).

En Inglaterra, en sistemas agrícolas combinados de pastos/trébol (ley farming)), el período de este sistema supone una acumulación fija de nitrógeno, con el fin de soportar la siguiente siembra de cultivos. Los próximos cultivos pueden obtener el

nitrógeno acumulado mediante la descomposición microbial de la materia vegetal que sigue al cultivo del pastizal. Además, la restitución de estiércol y lechada a partir del pastoreo y del ganado confinado permite el movimiento de nutrientes (en especial, del fósforo y del potasio) alrededor del predio. La característica importante de dichas rotaciones radica en que la fase donde se crea la fertilidad (pastizal de pasto/trébol), es económicamente productiva, dado que mantiene una empresa de ganado viable (Briggs y Courtney 1985).

Los rendimientos del maíz, después del trébol dulce, son efectivamente mayores que los rendimientos si se fertiliza con nitrógeno. En un experimento de 6 años en Indiana, el maíz, después del trébol dulce, produjo 5.952 kg. por hectárea; mientras que el maíz con 94 kg. de nitrógeno por hectárea produjo 5.506 kg. por hectárea. El sorgo aumentó las cosechas por 4 temporadas cuando se cultivó después del trébol dulce, con un efecto mayor en el primer año (Francis y Clegg 1990).

En la agricultura moderna la necesidad de rotaciones de cultivo, desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, ha disminuido debido a la disponibilidad de fertilizantes inorgánicos. El gran incremento del abastecimiento de nitrógeno químico en EE.UU., durante los años 50, dio énfasis al cultivo continuo. A medida que los precios de la energía y del fertilizante nitrogenado sigan subiendo, las rotaciones pueden, de nuevo, convertirse en rentables asegurando un ahorro importante de energía. Heichel (1978) señaló que las rotaciones de cultivos basadas en maíz, que incorporan leguminosas de forraje y granos, reducen la demanda de energía. Comparado con el cultivo continuo, el flujo de energía fósil en las rotaciones, se reduce hasta en un 45% (Tabla 11.3).

Obviamente que la secuencia especial de cultivos utilizada en una rotación, variará con el clima, la tradición, la economía y otros factores. Se debería esperar, sin embargo, que las rotaciones de cultivos amplíen la base económica de la empresa agrícola, distribuyan las demandas de mano de obra en forma más equitativa durante el año y permitan la producción de cultivos de alta utilidad, aumentando, de este modo, las oportunidades de ingresos (Briggs y Courtney 1985). Cada predio, en particular, tiene rotaciones específicas, por lo que no tiene gran sentido el realizar generalizaciones. El siguiente ejemplo, proveniente de Escocia, de una rotación de tierra intensamente labrada con un ganado vacuno comprado para fines de engorde, indica la adaptación secuencial a la topografía y al clima, haciendo uso intensivo de las necesidades del ganado como de los ingresos de un cultivo comercial (Widdowson 1987):

TABLA 11.3 Intensidad y eficiencia del uso de energía en maíz continuo comparada con rotaciones de cultivos que incorporan leguminosas de granos y forraje (Heichel 1978).

Rotación	1 Maíz continuo	2 2 maíz soya	3 2 maíz avena 2 alfalfa	4 3 maíz 3 soya trigo 3 alfafa	5 2 maíz alfalfa	6 maíz soya arveja
Flujo de energía fósil (Mcal/acre/día)	17,4	12,9	10,7	9,7	11,1	8,9
Rendimiento del cultivo (lbs materia seca/ acre)	7,767	6,216	7,337	6,150	6,645	5,200
Rendimiento de energía del cultivo/Flujo de energía fósil	6,1	6,6	7,8	8,3	8,1	8,2

- Año 1: Trigo de invierno. Cultivo comercial después de papas.
- Año 2: Tubérculos. Para alimentación del ganado: un cultivo limpio después del cereal. También un cultivo para recibir abono del corral del predio.
- Año 3: Cebada de primavera. Cultivo comercial que utiliza los residuos dejados luego de la saca de tubérculos para alimentar el ganado. El nivel de oxígeno será bajo por lo que es posible una germinación de cebada.
- Año 4: Semilla de pastos. Heno para ganado.
- Año 5: Avena de primavera. Para alimentación del ganado.
- Año 6: Papas semillas. Un cultivo comercial. Tiempo suficiente para lograr cultivos profundos antes de la siembra, y la aplicación de grandes cantidades de abono del predio preparado el año anterior.

La rotación utiliza la mitad de los cultivos para la alimentación del ganado y la otra para generar ingresos. La meta es lograr dos cultivos comerciales de altos ingresos, cebada germinada y papas para semillas. Las papas pueden venderse para semillas, ya que la velocidad del viento es tan alta que no permite que el pulgón produzca daño y por ende la posibilidad de una enfermedad de tipo viral es imperceptible. En la actualidad el ganado se adquiere de los criaderos cercanos en las tierras altas de Escocia, pero tradicionalmente se compraba en Irlanda (mostrando las implicancias multinacionales del sistema agrícola). El ganado vacuno se «termina» de engordar en corrales cubiertos, usando la paja del trigo, avena y cebada para la producción del abono del predio. Se alimenta a los animales con paja de avena y heno para asegurar una ingesta adecuada de fibra. El grano de la avena, mas las papas rechazadas y los tubérculos, completan la dieta del ganado. Los nutrientes entregados por esta dieta, aseguran que el ganado se engorde y venda totalmente en el invierno. En este tipo de rotación agrícola, cada cultivo dura sólo un año.

### ***Sistemas de labranza mínima***

La labranza mínima es cualquier sistema de labranza que reduce la pérdida de suelo y conserva su humedad al compararla con la labranza convencional o limpia (Mueller et al. 1981). Con este sistema, los residuos no incorporados de la planta, se dejan en el suelo y su superficie permanece, así, lo más áspera posible. La mayoría de los investigadores consideran que la labranza de conservación es como cualquier sistema que deja un 30% o más de cobertura de residuos después de sembrar. Los diferentes tipos incluyen labranza mínima, arado con cincel, cero labranza, surco de plantas y la labranza de conversión. Cuando estos sistemas se aplican exitosamente pueden reducir el consumo de energía y controlar eficazmente la erosión.

La producción de cultivos que usan métodos de no labranza, han demostrado que disminuyen los insumos de energía y material y, quizás lo más importante, reducen la erosión del suelo. Los sistemas de no labranza también mejoran el itinerario y planificación de las operaciones sirviendo como paliativo ante varias restricciones de tipo meteorológico. En la Tabla 11.4 se representan las diferencias generales entre ambos sistemas. Los cultivos que crecen con estas prácticas habitualmente pueden sembrarse, tratarse para el control de las malezas y cosecharse cuando los campos labrados están demasiado fangosos para entrar. Otras ventajas incluyen la conservación de la humedad, la compactación reducida del suelo y, el incremento en el potencial de cultivos múltiples. Aún más, el rendimiento de cultivos proveniente de sistemas de no labranza equivalen o exceden, con frecuencia, al rendimiento producido por métodos convencionales (Phillips y Phillips 1984). Un estudio del USDA

estimó que para el año 2000, el 65% de los acres en campos de trigo, heno y soya en EE.UU serán producidos por métodos de labranza reducidos (Phillips et al. 1980).

El sistema sin labranza causa muy pocas alteraciones al suelo. La operación de siembra y labranza de una sola pasada, labra un canal de aproximadamente 5 cm de ancho para la ubicación de la semilla. El canal se abre generalmente con una cuchilla acanalada colocada en la punta de la unidad de plantío. Con un suelo no disturbado más del 95% del residuo queda en la superficie.

TABLA 11.4 Comparación de efectos de labranza con los factores que influyen en la productividad del cultivo.

Factores	Labranza Convencional	Labranza Mínima	Efecto en el Cultivo <sup>a</sup>
<i>Factores del Suelo</i>			
Temperatura	Días cálidos, noches heladas	Poca variación	+/-
Consumo de agua	Alta después de la labranza decrece el encostramiento	Tasa inicial baja mantenida a través de la temporada	+/0
Minerales aplicados superficialmente	Combinados con suelo a profundidad de la siembra	Filtrar lentamente	0
Densidad del suelo	Disminuido por labranza primaria	Poco efecto	0/-
Compactación	Alterada por labranza	Poca alteración	-
Aireación	Incremento inicial	Poco efecto	0/-
Tasa de descomposición de la materia orgánica	Combinado con el suelo	Cerca de la superficie	-
<i>Factores Biológicos</i>			
Control de malezas	Excelente, inicialmente	Confiable en los herbicidas	-
Enfermedades	Inóculo enterrado (no incorporado)	A nivel de la superficie	-
Invertebrados del suelo benéficos	Ciclo de vida disturbados	Poco efecto	+
destrutivos	Igual que los benéficos	Poco efecto	-
<i>Función Maquinaria</i>			
Siembra	Máquina diseñada para suelo suelto	Equipo especial para suelo no alterado	0/-
Cultivación	Efectivo en suelo suelto, corte de raíces	Más difícil por mulch	0/-
Resistencia al pisoteo (en suelo húmedo)	Pobre	Buena	+
<i>Manejo</i>			
Operaciones a tiempo	Pueden atrasarse	Más a tiempo para ser seguras	+
Demanda de fuerza	Incrementada por operaciones sucesivas	Mínima	N/A
Demanda de mano de obra	Incrementada por operaciones sucesivas	Mínima	N/A
Confiable	Alta	Errática	N/A

<sup>a</sup> Códigos: + efecto positivo para no labranza; 0 efecto neutral o no efecto; - no labranza detrimental, N/C no aplicable.

## ***Efectos en las características del suelo y en el crecimiento de las plantas***

***Humedad del suelo.*** Los sistemas de labranza que dejan cubierto con residuo el 50% o más de la superficie del suelo después de la siembra, generalmente aumentan la humedad de éste durante toda la temporada, debido al aumento de la filtración y a la baja de evaporación. El incremento de agua debería elevar el potencial de rendimiento en áreas con bajo régimen anual de lluvias y en suelos con poca capacidad para retener agua. El agua extra puede retrasar la siembra y reducir el potencial del rendimiento en suelos escasamente drenados en las latitudes del norte (Sprague y Triplett 1986). Durante la temporada, los cultivos con suelos no labrados y cubiertos con mulch experimentan menos estrés de sequía que en un suelo labrado. El rendimiento de terrenos, con o sin labranza, es similar en años con amplio régimen de lluvias.

***Temperatura del suelo.*** Varios estudios han demostrado que el aumento de residuos en la superficie demora la velocidad de calentamiento del suelo en primavera, por lo tanto, se retrasa la germinación, la emergencia y el crecimiento prematuro de los cultivos, especialmente, en el norte de EE.UU. Sin embargo, esto podría ser un beneficio en el sur de EE.UU y en climas más tropicales. Los diferentes tipos de sistemas de labranza dejan diversas cantidades de residuos en la superficie, teniendo como resultado una variación de temperaturas en los suelos. Estas diferencias de temperatura entre las prácticas sin labranza y las convencionales pueden variar de 1 a 4°C.

***Fertilidad del suelo.*** Debido al aumento de residuos y a la disminución de labranza, los sistemas de labranza mínima producen variados niveles de humedad, temperatura, contenido de materia orgánica, tasa de descomposición y población microbial. Todos estos factores influyen en la disponibilidad de nutrientes y, por lo tanto, en la necesidad de fertilizantes. El dejar residuos en la superficie, crea materia orgánica cerca de ésta, lo que desencadena efectos positivos en las propiedades físicas del suelo. Desafortunadamente, los investigadores no han sacado ninguna conclusión de los estudios realizados hasta ahora, para saber si los programas de fertilización nitrogenada deben modificarse por los sistemas de labranza mínima.

Algunas pruebas señalan que los residuos dejados en la superficie, en el primer año después de la adopción del sistema sin labranza, ejercerán una gran demanda de nitrógeno pudiendo causar deficiencias o, al menos, una baja en la disponibilidad de nitrógeno. Sin embargo, cuando se ha utilizado la labranza mínima durante varios años, este sistema se estabiliza y la disponibilidad de nitrógeno no es tan diferente a la de la labranza convencional. En el sistema sin labranza existe, en general, un incremento de N orgánico en la capa superficial del suelo de 0 a 5 cm. Además comparado con el sistema convencional, el sistema sin labranza parece tener igual o mayor disponibilidad de fósforo, sin tomar en cuenta si el fertilizante se aplicó en franja o al voleo. Al no haber labranza, este fenómeno se manifiesta a pesar del hecho de que el fósforo disperso al voleo se acumula en el primer centímetro del suelo, debido a la falta de incorporación y movimiento a través del perfil de éste. Los residuos en la superficie permiten, posiblemente, una humedad suficiente para el crecimiento de las raíces y la captación de los nutrientes fosfóricos.

En este tipo de sistema, existe un desacuerdo acerca de la disponibilidad de potasio. Algunos investigadores han descubierto una disminución en la disponibilidad de potasio, especialmente, bajo algunas condiciones de humedad y frío, mientras que otros han señalado que no existe tal deficiencia. Las investigaciones a futuro debie-



ran aclarar estos puntos de vista conflictivos, sin embargo, en un manejo sin labranza, las aplicaciones continuas del fertilizante potásico provoca una acumulación de potasio (K) en los 5 cms. de la capa superior del suelo (D•Itri 1985).

**Acidez del suelo.** La acidez del suelo se convierte en un factor significativo dentro del sistema sin labranza. Un problema es la aireación de la superficie del suelo donde se aplica el fertilizante nitrogenado. Los bajos niveles de pH, cerca de la superficie, pueden desencadenar pérdidas en el rendimiento del cultivo debido a la poca disponibilidad de nutrientes y a la competencia adicional de malezas. La rápida disminución del pH en el suelo no es tan problemática cuando se utilizan leguminosas, lo que implica una demanda menor del fertilizante nitrogenado. De los microelementos, el magnesio se ve poco afectado y el azufre probablemente se encuentre menos disponible a partir de la materia orgánica del suelo. Tiende a haber más zinc debido al alto contenido de materia orgánica y al bajo nivel de pH. En general, la fertilidad del suelo, en sistemas sin labranza, se encuentra fuertemente influida por los efectos interactivos de la humedad incrementada en el suelo, de los altos niveles de la materia orgánica que se descompone lentamente en el suelo, de la mayor acidez y de las menores temperaturas en la primavera (Sprague y Triplett 1986). Es un gran desafío la identificación de cultivos que dejan residuos en la superficie con actividad alelopática hacia una amplia gama de especies de malezas.

### **Efectos sobre las plagas**

**Control de malezas.** La conservación de los sistemas de labranza mínima dependen de aplicaciones masivas de herbicidas. Generalmente la máxima relación de herbicidas se usa con el maíz, dada la acumulación de semillas en la superficie, las que potencialmente ejercen una mayor presión de malezas que en los sistemas convencionales de labranza. Además los rastros superficiales interceptan e inactivan parte del herbicida aplicado.

Al eliminar la labranza, se producen cambios en las especies de malezas. Las perennes que generalmente son controladas por la labranza, se vuelven estables y persisten en campos no labrados. A menudo, las malezas, que tienen relación botánica con el cultivo, y otros, que escapan de control, crecen convirtiéndose en un problema mayor. Un ejemplo clásico es el incremento de *Panicum* en el maíz después de repetidas aplicaciones de atrazina para controlar las malezas anuales en sistemas sin labranza (Sprague y Triplett 1986).

**Control de enfermedades.** Las alteraciones del microclima que provocan los residuos en la superficie, pueden retardar, aumentar o no afectar las enfermedades de los cultivos. Generalmente, el grado de influencia en las enfermedades de las plantas provocadas por los residuos, se relaciona con la cantidad residual que permanece después de la siembra. Los residuos de la superficie pueden afectar a las enfermedades de la planta de diversas maneras. Estos proporcionan un hábitat para sobrevivir al invierno (supervivencia), permiten el crecimiento y multiplicación de agentes patógenos, particularmente de tipo fungal y bacterial. Existen varios agentes patógenos que sobreviven mejor, al invierno, en los residuos de superficie, porque se encuentran protegidos del ambiente y de otros microorganismos. La labranza superficial aumenta la probabilidad de epidemias causadas por estos agentes patógenos. Durante un estudio de 7 años, nunca se observó que las enfermedades foliares fueran un problema del trigo o del sorgo de grano cultivados en un sistema de labranza mínima en Nebraska (Doupnik y Boosalis 1980). La incidencia de la descomposición del

pecíolo del sorgo de grano, una enfermedad de estrés causada por *Fusarium moniliforme* se redujo fuertemente en el sistema sin labranza comparado con el sistema convencional de labranza. Su incidencia se redujo de un 39% a un 11% y el rendimiento aumentó (Sprague y Triplett 1986). El incremento del almacenamiento de humedad en el suelo y su temperatura más baja, pero constante, asociados con la labranza mínima son, sin duda, los factores principales que provocan una incidencia menor en la descomposición del pecíolo del maíz. Bajo estas condiciones más favorables de cultivo, las plantas son menos vulnerables a este hongo. Contrariamente, en Wisconsin la mancha ocular (una enfermedad de la hoja del maíz) es más grave en el maíz cultivado en el sistema sin labranza.

La rotación de cultivos es especialmente importante para controlar las enfermedades en sistemas de labranza superficial. Existe una mayor posibilidad de que ciertas enfermedades de la planta aumenten al sembrar un cultivo en el propio residuo proveniente de la temporada anterior, sin un período de barbecho, que al sembrar un cultivo en el residuo de un cultivo no relacionado. La rotación de sistemas de labranza es otra forma de disminuir enfermedades asociadas con la labranza reducida. La inclusión de la rotación de labranza más la rotación de cultivos es un excelente método para manejar las enfermedades. Esto podría realizarse, de tal forma, que se pueda retener de un 20% a un 30% de los residuos superficiales, brindando los beneficios de la labranza de superficie y, al mismo tiempo, reduciendo el potencial brote de enfermedades.

Las enfermedades fungosas del suelo asociadas con la labranza superficial, pueden disminuir según el tipo, la cantidad y el tiempo de aplicación del fertilizante. Aplicando sulfato de amonio en la primavera se logró una cosecha normal de trigo, mientras que con una baja aplicación de nitrógeno al trigo sembrado en primavera, aumentó.

**Dinámica de los insectos.** Los entomólogos, que trabajan en agricultura sin labranza, descubrieron que la capa de mulch esparcida en el suelo no labrado, brinda un microhábitat favorable para algunos insectos que atacan el maíz, como el gusano ejército, el gusano alambre y trozadores (House y Stinner 1983). La pérdida de métodos seguros de destrucción mecánica del maíz no labrado, incrementa la supervivencia de insectos plagas que habitan en el residuo de cultivo o que residen en o cerca de la superficie del suelo. El mayor peligro de infestación de plagas ocurre en las etapas de semilla y plántula, por plagas de insectos subterráneos. Hay dos tendencias de las plagas en los sistemas sin labranza: (a) el nivel de actividad de plagas está relacionado con el tipo anterior de cultivo y (b) generalmente los sistemas sin labranza mantienen una diversidad mayor de insectos plaga que los sistemas convencionales de labranza. La mayoría de los enfoques para solucionar los problemas de plagas en los sistemas sin labranza, han sido muy sintomáticos. Se ha puesto una confianza casi única en los insecticidas de amplio espectro, y poco se ha dedicado la investigación a crear métodos culturales y biológicos para eliminar y prevenir las plagas.

Recientemente investigadores en Georgia, han informado los aspectos entomológicos benéficos inherentes a los sistemas sin labranza (House y Stinner 1983). Por ejemplo, el gorgojo menor del pecíolo del maíz *Elasmopalpus lignosellus* se alimenta de preferencia, de los granos y pecíolos residuales del maíz sin labranza. De esta manera las infestaciones de este gorgojo se pueden atrasar. En la tropical Costa Rica, Shenk y Saunders (1983) descubrieron que la incidencia del gusano cortador *Spodoptera frugiperda* y el crisomélido *Diabrotica balteata* era mucho mayor en terrenos de maíz arados que en aquellos no labrados. En el norte de Georgia, en la zona de cultivos de soya, la abundancia y diversidad de las escarabajos carábidos

son, a menudo, mayores en los campos sin labranza que en los labrados convencionalmente. Las malezas y los residuos de superficie en un sistema sin labranza, brindan a la fauna arácnida y carábida depredadora, más recursos de alimentación y protección ante las condiciones desfavorables del clima (House y Stinner 1983). El control que ejercen sobre poblaciones de semillas de maleza puede ser sustancial. Tal como se observó en el sorgo no labrado, el aumento de la humedad y la disminución de temperatura pueden incrementar el desarrollo de patógenos de insectos como es el caso de los nemátodos Rhabditidae (Sprague y Triplett 1986).

### ***Rendimiento de los cultivos***

A pesar de la variabilidad de las respuestas entre los rendimientos de los sistemas con y sin labranza, se pueden hacer ciertas generalizaciones:

1. Los residuos de superficie, dejados en la labranza de conservación, reducen la evaporación y el escurrimiento del agua. En zonas, donde el régimen pluviométrico inadecuado es el principal factor que limita el crecimiento de las plantas, la propiedad del mulch de conservar la humedad de la superficie es una ventaja clara y, probablemente, esto explica el alto porcentaje de tierras en labranza de conservación en las praderas del norte de EE.UU.

2. Los residuos de superficie, y el aumento asociado en la humedad del suelo, retarda el calentamiento del suelo en primavera, demorando la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas. En lugares donde la temporada de cultivo es, en sí, corta, como en las latitudes altas, esta característica de la labranza de conservación es una desventaja en el rendimiento.

3. La labranza de conservación tiene desventajas de rendimiento en suelos escasamente drenados. Aparentemente la humedad del suelo es el factor único más importante que restringe la adopción de la labranza de conservación en el cordón maicero de EE.UU; haciéndose menos restrictivo a medida que uno se desplaza de este a oeste. Los organismos infecciosos y las malezas, favorecidos por ambientes húmedos, son los culpables de los bajos rendimientos en suelos con mal drenaje; el frío y las condiciones de humedad también retardan la mineralización del nitrógeno orgánico facilitando la desnitrificación y descomposición de los herbicidas por las bacterias del suelo.

4. Cuando los herbicidas no controlan adecuadamente las malezas, los sistemas reducidos de labranza exhiben menores rendimientos. En especial, las malezas perennes pueden llegar a ser un problema, pues son menos vulnerables que las anuales a los herbicidas, debido a la regeneración bajo tierra.

5. La labranza de conservación ahorra tiempo entre la cosecha de un cultivo y la siembra de otro, siendo más favorable para los cultivos dobles que para los monocultivos. El rendimiento económico de la tierra se incrementa al haber dos cultivos por año en vez de sólo uno. En el sur de EE.UU, esta ventaja es donde más se destaca, aquí el alargamiento de la temporada de cultivo, de por sí larga, favorece la duplicación de cultivos. También se practica en lugares del cordón maicero al sur de EE.UU.

### ***Requerimientos de energía***

En muchos sistemas sin labranza se necesita menos energía para las operaciones de labranza. Los beneficios de ahorrar energía en la labranza de conservación son: (a) menor consumo de combustible debido a las reducidas operaciones agrícolas, (b) menor necesidad de tiempo y mano de obra, (c) posibilidad de duplicar los cultivos y

(d) menor inversión en maquinaria agrícola. Sin embargo, algunas actividades como el alto consumo de herbicidas, uso de semillas especiales y equipo demandan más energía. Dado que se elimina el arado, y otras operaciones sobre el suelo, estos sistemas dan por resultado, reducciones del 34% al 76% en combustible en las operaciones de labranza. No obstante, los requerimientos de uso adicional de herbicidas, en sistemas sin labranza, pueden contrarrestar algunas de estas ganancias. Sin embargo, en general, en el medio oeste de EE.UU, los costos totales de producción del maíz se elevan lentamente con la intensidad de la labranza. Se necesita investigar en rotaciones de cultivo, que incluyan cultivos que dejen residuos con actividad alelopática contra ciertas malezas (ver Capítulo 14), para garantizar en forma clara el uso de herbicidas en los sistemas de no labranza. Se eliminan muchas malezas anuales de hoja ancha si se dejan en la superficie del suelo, mulches, especialmente coberturas de pequeños granos (Putnam y DeFrank 1983). El centeno «Balboa» disecado en otoño y el trigo «Tecumseh» usados en rotaciones pueden reducir, en gran cantidad, la biomasa de malezas de la siguiente temporada de crecimiento. Al inhibir por alelopatía la germinación y el crecimiento de varias especies de malezas.

### ***Diseño de sistemas de ecolabranza y ecobarbecho***

Al adoptar un enfoque holístico que considere todos los factores que afectan a la producción, se puede aplicar alguna forma de labranza de conservación a una amplia gama de suelos y regiones ecológicas (D'Itri 1985). La labranza de conservación requiere una serie especial de prácticas culturales que pueden ser diferentes de aquellas necesarias para el cultivo basado en la labranza (Figura 11.2). Se debieran considerar en forma especial la serie de prácticas culturales, que han sido específicamente desarrolladas para la labranza de conservación. Este tipo de sistema no es sólo un concepto, sino que un conjunto de prácticas culturales especialmente desarrolladas y adoptadas para conservar los recursos del suelo y del agua, generar rentabilidades altas y satisfactorias, minimizar la degradación del suelo y del medio ambiente manteniendo los recursos básicos.

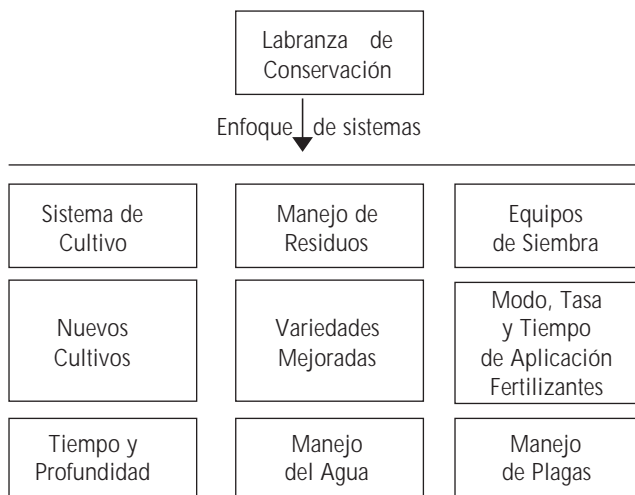


FIGURA 11.2 Prácticas culturales necesarias para la adopción exitosa de la labranza de conservación.