



---

**CIMMYT**

---

Centro Internacional  
de Mejoramiento  
de Maíz y Trigo

¿Labranza de Conservación o  
Conservación de residuos?  
Una Evaluación del Manejo de  
los Residuos en México

---

Olaf Erenstein

**NRG**

Natural Resources Group  
Reprint Series 97-02



---

**CIMMYT**

---

Sistemas Sostenibles  
de Maíz y Trigo  
para los Pobres

**Labranza de Conservación o  
Conservación de Residuos?  
Una Evaluación del Manejo de  
los Residuos en México**

---

**Olaf Erenstein**

**NRG**

---

Natural Resources Group  
Reprint Series 97-02

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es una organización internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y la capacitación. Tiene su sede en México y colabora con instituciones de investigación agrícola de todo el mundo para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de maíz y trigo para los agricultores de escasos recursos en los países en desarrollo. El CIMMYT es uno de los 16 centros que cuentan con el apoyo del Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). El CGIAR está compuesto por unos 50 donadores, entre los que figuran organizaciones tanto internacionales como regionales y fundaciones privadas. El CGIAR cuenta con el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El CIMMYT recibe fondos para su programa de investigación de varias fuentes, entre ellas, los gobiernos de Australia, Austria, Bélgica, Canadá, China, Dinamarca, Francia, Alemania, India, Irán, Italia, Japón, la República de Corea, México, los Países Bajos, Noruega, las Filipinas, España, Suiza, el Reino Unido, los Estados Unidos, así como de la Unión Europea, la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Fundación Kellogg, el Fondo para el Desarrollo Internacional de la OPEP, la Fundación Rockefeller, la Asociación Sasakawa Africa, el PNUD y el Banco Mundial.

La responsabilidad de esta publicación es solamente del CIMMYT.

Impreso en México.

**Cita correcta:** Erenstein, O. 1997. *¿Labranza de conservación o conservación de residuos? Una evaluación del manejo de los residuos en México*. NRG Reprint Series 97-02. México, D.F.: CIMMYT.

**Información adicional:** Puede obtener mayor información sobre las actividades del CIMMYT en: [www.cimmyt.mx](http://www.cimmyt.mx).

**ISSN:** 1405-3748

**Descriptor AGROVOC:** México; labranza de conservación; residuos de cosechas; manejo de cultivos; métodos; transferencia de tecnología; adopción de innovaciones; maíz; *Zea mays*.

**Códigos de categorías AGRIS:** E14, F07

**Clasificación decimal Dewey:** 338.162

# ¿Labranza de Conservación o Conservación de Residuos? Una Evaluación del Manejo de los Residuos en México<sup>1</sup>

Olaf Erenstein<sup>1</sup>

## RESUMEN

La clave de la labranza de conservación es el uso de los residuos como mantillo. Sin embargo, existe mucha confusión en relación al término labranza de conservación, entre otras cosas por poner demasiado énfasis en la labranza. El laboreo es sólo uno de los factores que afecta la disponibilidad de los residuos en áreas tropicales. Por ende, la conservación de residuos parece un término más apropiado para estos ambientes. En México, la promoción de la labranza de conservación hasta la fecha enfatizó la no-quema y la no-inversión de suelo (el no barbechar). De hecho, estos dos factores son incompatibles con la conservación de suficientes residuos para formar un mantillo efectivo. Sin embargo, hay que destacar que para llevar a cabo la conservación de residuos es necesario ver todos sus usos en conjunto. O sea, no sólo la quema o el barbecho, sino también la extracción productiva, el total de la incorporación y el desgaste, además de la producción de residuos. El conjunto de usos alternativos y la producción se reúne en el balance de residuos y este balance es particular para cada localidad.

La labranza de conservación ha recibido mucha atención en los últimos años en México. Varias agencias, tanto gubernamentales como no gubernamentales, han estado investigando o promoviendo la tecnología a través del país. Toda esta atención favoreció la difusión de la tecnología al poner a los productores en contacto con la tecnología. Sin embargo, también tuvo sus inconvenientes. La gran cantidad de participantes involucrados generó un igual número de interpretaciones de en qué consistía la tecnología. Algunos interpretaban la tecnología simplemente como la no-quema. Otros, como labranza cero o reducida (sin invertir). Sin embargo, la clave de la tecnología consiste en conservar suficientes

residuos como mantillo. En su ausencia, prácticas como la labranza cero pueden ser hasta contraproducentes. Por lo tanto, algunas de las experiencias fallidas fueron erróneamente atribuidas a la labranza de conservación.

¿Donde se originó la confusión? De hecho "un problema clásico relacionado con la labranza de conservación durante los años de su desarrollo ha sido su definición" (Pierce, 1985). La confusión en cuanto a las definiciones se debe en parte a que existen distintas interpretaciones de "conservación" (¿conservación de qué? ¿del suelo, del agua, de los residuos?). Otra gran parte de la confusión se relaciona directamente con la palabra "labranza".

De hecho, existen muchos métodos diferentes de labranza (incluyendo una amplia gama de herramientas y prácticas). Además, la presencia de la palabra "labranza" pone mucho énfasis en el laboreo del suelo. Al parecer, esto es lo más adecuado en los sistemas de producción en los Estados Unidos, donde se originó la tecnología. Allí, la incorporación de los residuos a través del laboreo era el principal destino de los residuos por lo que al disminuir el laboreo se quedaban automáticamente más residuos como mantillo. Sin embargo, en los ambientes tropicales la labranza es sólo uno de los varios factores que afectan la disponibilidad de residuos. Es más, en algunos ambientes tropicales no hay ninguna forma de labranza (p.e. sistemas manuales en zonas marginales con siembra de espeque). Por lo tanto, en los sistemas tropicales "conservación de residuos" parece un término más apropiado para denominar la tecnología. Esto hace hincapié en el componente crucial de la tecnología y no tanto en un componente parcial.

El presente trabajo da un resumen de las implicaciones de la conservación de los residuos en las sistemas de producción en México. Esta ponencia se limita principalmente a los sistemas de producción de maíz ya que éste es el cultivo más importante en México. Sin embargo, antes de entrar al manejo de los residuos en México presentaremos en mayor detalle el papel de los residuos en la conservación de los suelos (y el agua).

<sup>1</sup> Experto Asociado CIMMYT Grupo de Recursos Naturales, Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D.F. México. Una versión anterior fue presentada en el 4° Foro Internacional sobre Labranza de Conservación, Mayo 2-4 1996, Guadalajara, Jalisco, México y incluido en las memorias del mismo (compilado por FIRA, Morelia, Michoacán).

Publicado en SÍNTESIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL PRM 1993-1995, vol.5 (1997), p. 188-197.

## EL PAPEL DE LOS RESIDUOS EN LA CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS

Los dos principales procesos de la erosión hídrica son el desprendimiento de partículas del suelo por el salpicamiento de la lluvia y el transporte por escurrimiento superficial. Los elementos primarios para su control son el mantenimiento de cobertura del suelo (para reducir el salpicamiento) y la maximización de la infiltración (para reducir el volumen y, por ende, la velocidad del escurrimiento) (Shaxson et al. 1989). Los residuos de la cosecha pueden proporcionar ambos elementos si se dejan en cantidades suficientes para formar un mantillo efectivo. Este mantillo es una arma de dos filos, al servir como lámina protectora sobre el suelo y al mismo tiempo, aumentar la infiltración a éste. El mantillo aumenta la infiltración al formar nuevas barreras físicas contra el escurrimiento y al mejorar la estructura física del suelo (y por ende, su permeabilidad). Cuando el 35% de la superficie del suelo está cubierto con residuos esparcidos de manera uniforme, la erosión por salpicamiento puede reducirse hasta en un 85% (comparado con un suelo desnudo) (Shaxson et al. 1989). La relación entre la erosión relativa por salpicamiento y la cobertura del suelo a bajo nivel aparece en el cuadrante I de la Figura 1.

El cuadrante II de la Figura 1 permite transformar la cobertura requerida a un nivel aproximado de residuos de maíz. Por ejemplo, para obtener una cobertura del 35% se requieren aproximadamente dos toneladas de residuos por ha. Aunque cantidades superiores a las dos toneladas sí incrementan la cobertura, la ganancia en términos de disminución de erosión es relativamente mínima. Por ejemplo, 4 toneladas de residuos darían una cobertura de aproximadamente 60% y una erosión relativa de menos del 5%. Por lo tanto, desde un punto de vista conservador, mayores cantidades de residuos sí conservan mejor al suelo. Sin embargo, desde un punto de vista económico, esa conservación de suelo se vuelve cada vez más cara en términos de las cantidades de residuos requeridas. El nivel de dos toneladas ha quedado establecido como el umbral mínimo para obtener una reducción considerable de la erosión relativa. El punto preciso para satisfacer este umbral es inmediatamente después de la siembra, es decir, después de establecer el cultivo pero antes de que éste genere suficiente cobertura vegetal para proteger el suelo.

La idea de usar los residuos como mantillo se originó con el fin de conservar el suelo. Sin embargo,

un aspecto importante de la degradación del suelo es que el daño es acumulativo. El efecto de la degradación en un año específico puede ser menor e insignificante, pero el efecto puede acumularse a través del tiempo (Lal, 1987). De igual forma, los beneficios al reducir la degradación a través de prácticas de conservación del suelo son acumulativos. Por otro lado, los pequeños productores en ambientes tropicales se enfrentan a carencias y necesidades que requieren satisfacer a corto plazo. Estos productores por lo general no están dispuestos a invertir grandes cantidades en medidas de conservación. Para que las prácticas de conservación del suelo sean viables en estos ambientes, deben representar costos adicionales limitados. Por lo tanto, cabe hacer notar que la conservación de residuos funciona además como una medida de conservación del agua ya que al disminuir las pérdidas de este líquido (menor escurrimiento, mayor infiltración, menor evaporación) aumenta la cantidad de agua disponible para el cultivo. En general, este efecto de conservación del agua es el que se nota primero en términos de un mejor rendimiento al adoptar prácticas de conservación de residuos. Este efecto es más evidente en las zonas que presentan un déficit de agua durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, hay que destacar nuevamente que este efecto de conservación del agua depende principalmente de la presencia de los residuos como mantillo. Es decir, la conservación del suelo y el agua está en función de la conservación de los residuos.

El efecto de la conservación del agua puede generar beneficios a corto plazo y así aliviar el costo de conservar los residuos. Sin embargo, este costo de adopción (y por ende, el potencial de la conservación de residuos) depende de varios factores locales que afectan directamente la disponibilidad de los residuos.

A continuación se presentan los factores que influyen en la disponibilidad de residuos en México. Primero, se presenta el lado de la producción de residuos y a continuación los diferentes usos alternativos que se les dan a estos. La Figura 2 presenta esta información gráficamente.

## PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

La producción agrícola en general se enfoca a la producción de uno o más productos primarios (p.e. grano de maíz). Sin embargo, esta producción del producto primario también genera residuos (p.e. rastrojo de maíz) que, por consiguiente, se pueden considerar derivados de la producción agrícola.

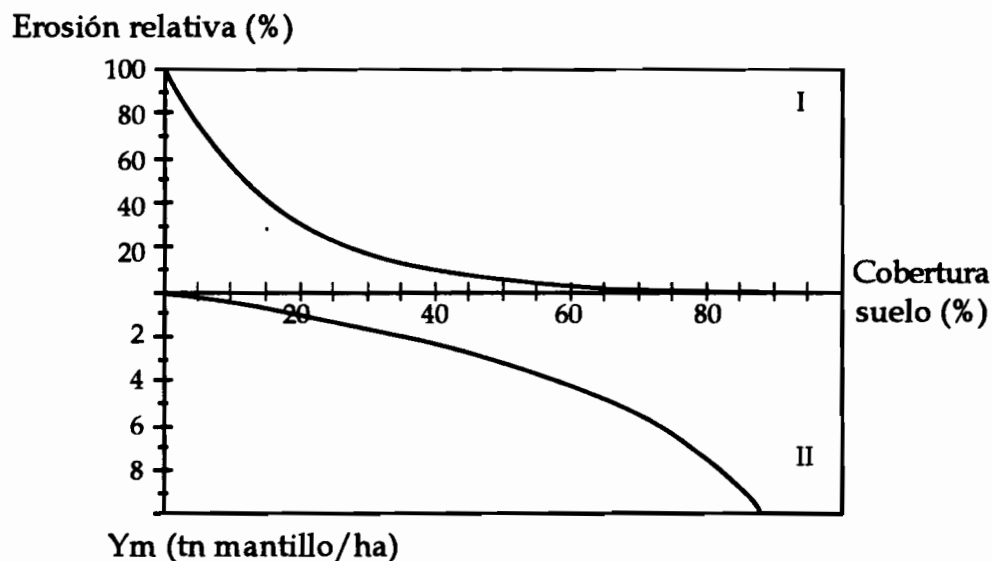


Figura 1. Esquema de dos - cuadrantes con gráficas de la relación de la erosión relativa y la cobertura de suelo en el cuadrante I (Shaxson et al. 1989) y la cobertura de suelo y la cantidad de mantillo [ $Y_m$ ] en el cuadrante II (adaptado de Tripp & Barreto, 1993; y Kok & Thien, 1994).

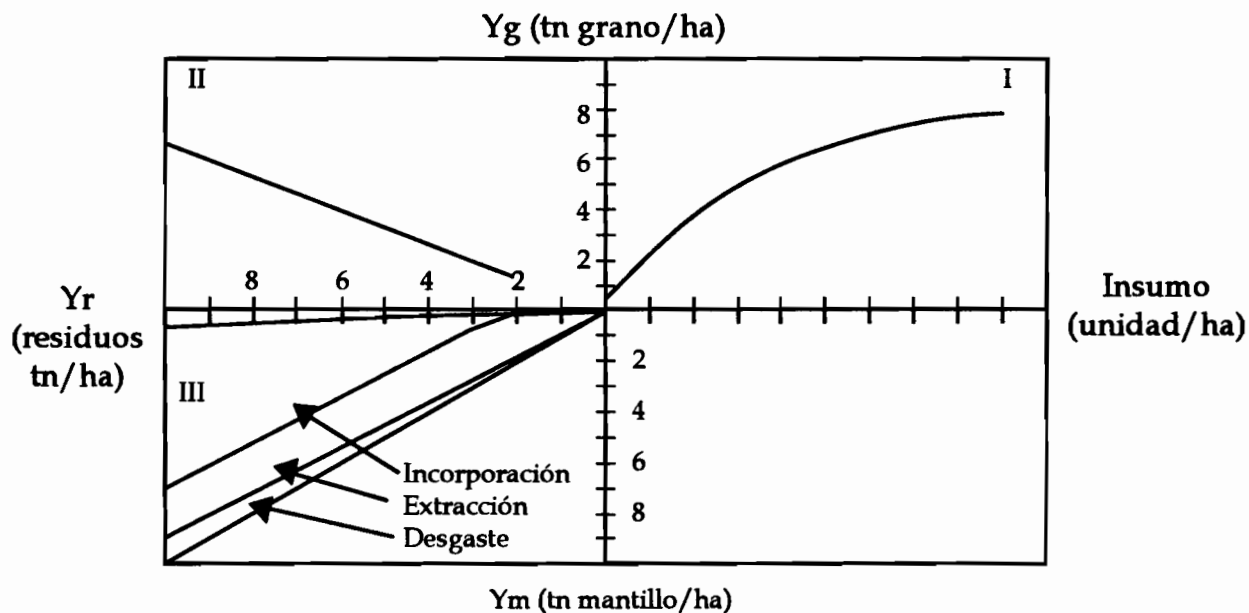


Figura 2. Esquema de tres - cuadrantes con gráficas de la relación del insumo y el rendimiento de grano [ $Y_g$ ] en el cuadrante I; el rendimiento de grano y el rendimiento de residuos [ $Y_r$ ] en el cuadrante II; y el rendimiento de residuos y la cantidad de mantillo [ $Y_m$ ] en el cuadrante III (adaptado de Saín, 1996).

El interés en la producción del producto primario se refleja, entre otras cosas, a través del índice de la cosecha, que expresa la producción del producto primario como una fracción de la biomasa total.

En cereales como el maíz esta relación puede expresarse de la siguiente manera:

$$IC = \frac{Y_g}{(Y_g + Y_r)} \quad (1)$$

donde:

IC: Índice de cosecha (fracción);  
 $Y_g$ : Rendimiento del grano (t/ha);  
 $Y_r$ : Rendimiento del rastrojo (t/ha).

Reorganizando esta relación se puede calcular la producción de residuos de la siguiente manera:

$$Y_r = \frac{(1-IC) * Y_g}{IC} \quad (2)$$

Esta relación muestra que la producción de residuos está directamente vinculada con la producción del producto primario. Además, el índice de cosecha para cereales como el maíz es relativamente constante para una variedad dada. Por lo tanto, para cereales como el maíz la producción de residuos es una función lineal de la producción de grano (vea cuadrante II de la Figura 2).

Vale la pena resaltar que el índice de cosecha sí puede variar bastante entre las diferentes variedades de un cultivo. Por ejemplo, una variedad criolla de maíz puede tener un índice de cosecha tan bajo como 30%, mientras que para una variedad mejorada este índice puede alcanzar el 50%. Así, al obtener el mismo rendimiento de grano, la producción de residuos en general será substancialmente más alta para una variedad criolla que para una variedad mejorada.

La relación directa que existe entre la producción de grano y la producción de residuos implica que todos los factores que influyen en la producción de grano también influyen directamente en la producción de residuos. La producción de grano es una función de varios factores, incluyendo factores de naturaleza tanto agroecológica como socioeconómica.

### Factores agroecológicos

Los factores ecológicos determinan en primera instancia la producción potencial de biomasa en cada ambiente. El factor primordial en zonas tropicales es la disponibilidad de agua y en segunda instancia, la disponibilidad de los diferentes nutrientes (de macro a micro nutrientes). La disponibilidad de estos factores está directamente relacionada con las características ecológicas del medio ambiente, como la precipitación, la evapotranspiración, el suelo, la temperatura, la altitud, la topografía, etc. Ceteris paribus, la cantidad de biomasa disponible (y por ende, la producción de residuos) es generalmente mucho mayor en el trópico húmedo que en el trópico árido; en el trópico bajo que en el trópico alto; en zonas con buen temporal que en zonas con temporal marginal (corto y/o irregular); etc. Las limitaciones impuestas por el medio ambiente pueden ser modificadas por las prácticas agronómicas. Lógicamente, la disponibilidad del agua no sólo se puede aumentar a través del riego sino también a través de prácticas de conservación del agua o de modificaciones en la época de siembra. Asimismo, no sólo se puede aumentar la disponibilidad de nutrientes a través de la fertilización sino también a través de otros cambios físicos o químicos de los suelos. Ceteris paribus, la cantidad de biomasa disponible (y por ende, la producción de residuos) es generalmente mucho mayor en la agricultura de riego que en la de temporal; en los casos donde se usa fertilizante que con los mineros del suelo; etc.

Sin embargo, las prácticas agronómicas no sólo influyen sobre la disponibilidad de los factores esenciales. El cultivo mismo determina en gran medida la respuesta en términos de producción a la disponibilidad de los factores de producción. En primer lugar, el tipo de cultivo tiene grandes implicaciones. Por ejemplo, un cultivo de cereales (p.e. maíz) produce potencialmente más biomasa que un cultivo de leguminosas (p.e. frijol). En segundo lugar, la variedad del mismo cultivo también influye. Una variedad mejorada de cereal en general responde mejor a los insumos que una variedad criolla. Además, las diferencias entre las variedades se reflejan a través del índice de cosecha (cuadrante II, Figura 2).

Todos los factores agroecológicos en conjunto determinan la forma de la función de producción que aparece en el cuadrante I de la Figura 2.

### Factores socioeconómicos

Las prácticas agronómicas alivian algunas de las limitaciones impuestas por el medio ambiente. Sin embargo, el uso de estas prácticas agronómicas se ve afectado directamente por factores socioeconómicos como los de precios de los insumos y de los productos y en especial por la relación entre éstos. El precio relativo del insumo (en relación al producto) determina en gran parte el nivel de su uso<sup>2</sup>. Pero no sólo los precios determinan el uso de los insumos. La orientación de la producción (mercado o autoconsumo) determina en gran medida la influencia de los precios sobre el uso de los insumos. Por otro lado, la disponibilidad de recursos también influye sobre el uso de insumos. Por ejemplo, aunque es económico echar 100 unidades de fertilizante por ha al cultivo, el productor algunas veces sólo puede echar 50 unidades debido a la falta de liquidez.

Los factores socioeconómicos determinan en gran parte donde se ubica el uso de los insumos en el cuadrante I de la Figura 2. Por lo tanto, dado la función de producción, los factores socioeconómicos determinan el nivel de producción correspondiente.

### USO ALTERNATIVO DE LOS RESIDUOS

La producción de residuos no se traduce simplemente en su disponibilidad como mantillo. En las zonas tropicales, existen varios usos (o destinos) que se les dan a los residuos y que afectan directamente su disponibilidad como mantillo. Estos usos de los residuos pueden variar en forma considerable entre e, incluso, dentro de las regiones. Los diferentes usos alternativos de los residuos afectan las relaciones en el cuadrante III de la Figura 2. A continuación, presentamos los diferentes usos en mayor detalle. En la sección posterior veremos las implicaciones de estos usos sobre la conservación de los residuos como mantillo.

#### Extracción productiva

Aunque los residuos de maíz en general se consideran derivados de la producción agrícola, éstos tienen varios usos productivos. El principal es su uso como forraje, aunque ocasionalmente

también se usan como materiales de construcción o como fuente de energía (Choto y Saín, 1993). En lo que se refiere a su uso como forraje se puede distinguir entre el aprovechamiento en la parcela (p.e. a través del pastoreo de la parcela) y la cosecha de los residuos con su aprovechamiento posterior. También existen varias formas de cosechar residuos incluyendo tanto formas manuales como mecánicas (p.e. a través de pacas o el molido de residuos). En general, la cosecha de residuos es bastante exhaustiva, dejando pocos residuos en la parcela. La cosecha de residuos generalmente se efectúa después de la cosecha del producto primario, aunque existen excepciones, como la práctica de despuntar. En esta práctica solo se corta la parte superior de la planta por encima de la mazorca, una vez que el grano llega a la madurez fisiológica.

En México, el uso de residuos de maíz como fuente de forraje en la estación seca es muy común, en especial a través del pastoreo en la parcela. La cantidad de residuos que se aprovecha es variable, aunque en general depende en gran parte de la presión ejercida por el ganado (intensidad y duración) y la existencia de otras fuentes de forraje (p.e. agostadero o cultivos forrajeros). En general, los residuos no son muy nutritivos como alimento animal y son más bien usados por necesidad. Esto es aún más evidente si se compara el uso de residuos en zonas áridas con su uso en las zonas húmedas. En éstas últimas, generalmente existen mejores alternativas de forraje que los residuos, por lo que su uso es limitado. También el hecho de que el pastoreo del ganado sea relativamente selectivo refleja el bajo valor nutritivo de los residuos. En general, el ganado se come primero los elementos frágiles de los residuos (hojas y totomoxtle), dejando los elementos menos frágiles (caña) para el último.

#### Quema

La quema es una práctica tradicional para eliminar los residuos (comúnmente denominados '*la basura*'). En muchas áreas de México todavía es uno de los primeros pasos en la preparación del terreno para la siembra. Antes del ciclo de cultivo (que en general coincide con los finales de la época seca) se prende fuego a la biomasa seca de la parcela. Esta práctica se originó en los sistemas de roza, tumba y quema para deshacerse de las grandes cantidades de biomasa y aumentar la fertilidad disponible con la ceniza. No obstante, también en sistemas más sedentarios persiste la práctica, aun cuando las cantidades de biomasa ya sean mucho menores. Los

<sup>2</sup> Por ejemplo, la reciente devaluación causó una alza de los precios de los insumos en relación a los productos agropecuarios. Cabe de esperar que el uso de los insumos afectados fue substancialmente menor durante el ciclo PV-95 que en los años anteriores.



productores siguen quemando por varias razones. La principal razón es limpiar la parcela para facilitar el resto de la preparación del terreno y la siembra. Esto es especialmente el caso en los sistemas manuales o de tracción animal, donde la incorporación de residuos es mínima, lo que subsecuentemente dificulta la siembra. Además, la quema también sirve como control de plagas, enfermedades y malezas. En este respecto, la quema es un método de control de dos filos, ya que afecta directamente a los organismos (individuos o inóculo) y a su hábitat. Este último es particularmente importante en el control de plagas como los roedores.

En general, la quema es muy efectiva para deshacerse de los residuos. Sólo en casos con cantidades limitadas de residuos puede ser menos eficiente si el productor no se toma la molestia de juntarlos.

#### *Incorporación*

En los sistemas de labor, la preparación del terreno tradicionalmente implica el laboreo del terreno antes de la siembra. El principal propósito de este laboreo es dejar una cama de siembra limpia y homogénea, que facilite la siembra y el establecimiento del cultivo. Para lograr esto, se mezcla la parte superficial del suelo y se incorporan los residuos presentes en la superficie. En los sistemas mecanizados, la incorporación puede ser substancial aunque la cantidad exacta depende en gran medida de las prácticas de labranza que se utilicen. En especial influyen los implementos usados, el número de pasadas y la profundidad y rapidez de los labores (ACC y CTIC, 1994). En general, los sistemas de tracción animal sí tienen algo de incorporación aunque de menor magnitud que en los sistemas mecanizados. En los sistemas manuales de cero labranza la incorporación es insignificante.

En los sistemas de labor en México es común el uso del barbecho (arado de disco) y la rastra (de discos). El barbecho es especialmente efectivo incorporando los residuos (80-90% según ACC y CTIC, 1994), aunque varias pasadas con la rastra también logran incorporar cantidades substanciales de residuos.

#### *Desgaste*

Aun sin darles ningún uso específico, la cantidad de residuos disminuye a través del tiempo debido al proceso de desgaste. Este proceso es más que nada la descomposición de los residuos y es una función del

tiempo<sup>3</sup> y varios factores agroecológicos, como la humedad, la temperatura y la actividad biológica en el suelo durante ese periodo. La naturaleza y el estado (fragilidad) de los residuos también son factores importantes que influyen sobre la rapidez/facilidad de la descomposición. Además de los procesos de descomposición, el desgaste también puede incluir elementos de erosión eólica e hídrica de los residuos. Esto puede ser importante en zonas con fuertes pendientes y/o vientos.

En ambientes cálidos y húmedos, el desgaste de los residuos entre los ciclos puede ser substancial. Sin embargo, en muchos ambientes mexicanos el desgaste está relativamente limitado por una combinación de factores. Por un lado, la distribución uni-modal de la precipitación en la mayoría de los ambientes implica un periodo seco largo y pronunciado (de hasta más de medio año). Sin embargo, el desgaste está limitado durante esta época por la falta de agua. Por otro lado, en lugares más húmedos el tiempo entre los ciclos se reduce al tener la posibilidad de un segundo cultivo (p.e. de relevo). Además, el principal cultivo en México es el maíz y los residuos de maíz son poco frágiles relativamente, especialmente si se le cosecha manualmente.

### BALANCE DE RESIDUOS

En general, la suma de todos los posibles usos o destinos de los residuos no puede exceder la producción. Aunque teóricamente existe la opción de importar residuos a la parcela para formar un mantillo efectivo, esta opción en general no es viable económicamente a nivel de producción (Lal, 1989). También cabe señalar que estos usos (con excepción del mantillo) son irreversibles, aunque en sí no son mutuamente exclusivos. Por ejemplo, parte de los residuos puede ser utilizada para el pastoreo (extracción productiva) y el resto podría incorporarse durante la preparación de la tierra. Por ende, el balance de residuos se puede formular como:

$$P = U_E + U_Q + U_I + U_D + U_M \quad (3)$$

donde

- P: producción;
- $U_E$ : extracción productiva;
- $U_Q$ : quema;
- $U_I$ : incorporación;
- $U_D$ : desgaste;
- $U_M$ : mantillo.

<sup>3</sup> Relevante para la conservación de residuos es el intervalo entre la cosecha y el establecimiento del cultivo subsecuente.

Este balance de residuos es particular de cada lugar porque tanto la producción como sus destinos son determinados por factores locales. Una complicación al determinar el balance de los residuos es que muchos de los destinos no se cosechan o miden habitualmente. Por consiguiente, algunas veces resulta difícil recopilar esta información de forma rápida. Sin embargo, existen varias técnicas que facilitan la medición de las cantidades de residuos. Dos métodos basados en observaciones de campo son el uso de fotografías con cantidades predeterminadas de residuos como referencia (p.e. Tripp y Barreto, 1993) y la metodología de la línea de transecta (p.e. Shelton *et al.*, 1994).

Cabe destacar que el uso de residuos como mantillo siempre será residual. O sea, los otros usos/destinos en general determinan cuantos residuos sobran para su posible uso como mantillo. Anteriormente ya se vio que un mantillo necesita por lo menos 2 toneladas de residuos por ha para ser efectivo. Por lo tanto, podemos reorganizar la relación (3) para formular la siguiente condición para la conservación de residuos:

$$P - (U_E + U_Q + U_I + U_D) \geq 2 \quad (4)$$

Si se satisface esta condición, se habrán conservado suficientes residuos como para formar un mantillo efectivo. Sin embargo, si no se satisface esta condición habrá que o aumentar la producción de residuos (P) o disminuir sus usos alternativos (%U) si se quiere formar un mantillo efectivo. A continuación revisaremos el potencial de estas opciones en términos generales, tomando en cuenta los posibles costos que implicaría para el productor. Cuanto más altos estos costos, más altos son los costos de oportunidad de los residuos como mantillo y menos atractiva será la adopción de la tecnología. Sin embargo, hay que resaltar que estos costos serán específicos para cada localidad.

#### *Aumentar la producción*

Aumentar la producción de residuos en primera instancia parece ser una opción que podría aumentar la posibilidad de satisfacer la condición de la conservación de residuos (4). Sin embargo, muchos de los usos están directamente relacionados con la cantidad total de residuos, como son la quema, la incorporación y el desgaste. Ceteris paribus, esto implicaría que un aumento en la producción resultaría también en un aumento de estos usos. Sólo en los casos donde la extracción productiva es importante y de un

nivel más o menos fijo (p.e. a través del pastoreo de la parcela) se podría aliviar la disponibilidad de residuos substancialmente al aumentar la producción. Por lo tanto, parece más prioritario disminuir usos como la quema y la incorporación primero.

#### *Disminuir la incorporación*

La promoción de la labranza de conservación en los sistemas de labor se ha enfocado en disminuir la incorporación. De allí también se originó el énfasis en la labranza mínima y la labranza cero, que disminuyen substancialmente la incorporación de residuos en comparación con sistemas de labranza más intensivos. Una de las primeras metas al promover la labranza de conservación en los sistemas de labor es eliminar la práctica del barbecho.

Disminuir el laboreo reduce substancialmente la incorporación de residuos. Además, puede generar un ahorro substancial de gastos en la preparación del terreno. Este puede ser uno de los mayores atractivos de la tecnología a corto plazo. Sin embargo, la reducción del laboreo también resulta en una cama de siembra más irregular cubierta con más residuos. La presencia de los residuos dificulta la siembra y la hace más tardía, tanto si es manual, con tracción animal ('*tapa pie*') o mecánica con sembradora convencional. Una sembradora directa soluciona este problema al poder sembrar a través de los residuos en un suelo no preparado (pero laborable). Sin embargo, hasta la fecha la disponibilidad de este tipo de maquinaria es relativamente baja en México, entre otras cosas por su elevado costo. Por lo tanto, la adopción de la labranza de conservación en los sistemas de labor en México ha estado orientada hacia los sistemas de labranza mínima. Esto tiene el inconveniente de que estos sistemas de labranza mínima todavía incorporan una parte substancial de los residuos (p.e. dos pasadas con rastra de discos podrían incorporar la mitad de los residuos presentes; ACC y CTIC, 1994). Esto es especialmente problemático en las zonas de México donde la disponibilidad de residuos ya es limitada.

Además, no es sólo el proceso de la siembra lo que se dificulta. Algunos cultivos simplemente no logran establecerse debajo de un mantillo de residuos del cultivo previo (p.e. garbanzo después de maíz en Jalisco; Mendoza *et al.*, 1992). Por lo tanto, el patrón de cultivo puede limitar la posibilidad de disminuir la incorporación. La falta de laboreo también puede generar problemas con las malezas perennes en los sistemas basados en cero labranza. Por otro lado, el

no incorporar los residuos podría limitar el crecimiento de malezas si el mantillo es lo suficientemente grueso.

#### *Eliminar la quema*

La promoción de la labranza de conservación en los sistemas no laborables se ha enfocado en la eliminación de la quema de residuos. De hecho, la práctica de la quema es incompatible con la labranza de conservación, ya que ésta es tan eficiente deshaciéndose de los residuos que no deja los suficientes para un posible mantillo. Sin embargo, muchos de los productores asocian la incidencia de varias plagas del maíz (incluyendo plagas del suelo como la gallina ciega *Phyllophaga spp.*, plagas de follaje como el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y roedores) con la no-quema de los residuos de maíz. El potencial para una mayor incidencia de plagas y enfermedades existe ya que la mayoría de las áreas de temporal en México tiene un patrón de cultivo de maíz - maíz continuo con un solo cultivo por año. Sin embargo, el dejar los residuos no sólo favorece las plagas y enfermedades dañinas, sino también a sus enemigos naturales y ayuda a establecer un nuevo equilibrio. De hecho, algunos estudios reportaron una incidencia igual o menor en algunas plagas (por ejemplo, una disminución en la incidencia del gusano cogollero según Violic, et al, 1989), mientras que otras aumentaron. Por lo tanto, todavía no está totalmente claro cómo el dejar los residuos como mantillo influye sobre los costos de control de estas plagas y enfermedades o el daño que causan.

Algunos programas de labranza de conservación se han enfocado en dar incentivos y frenos para convencer a los productores de la no-quema. Por ejemplo, por un lado, el Gobierno del Estado de Chiapas ha estado distribuyendo incentivos como rociadoras de mochila, insumos y créditos para promover las prácticas de la no-quema. Por el otro, ha impuesto una ley que prohíbe el uso de la quema en la preparación de la tierra (Cadena, 1995).

Cabe resaltar que un productor dejará de quemar sólo si considera que los beneficios de la no-quema son mayores que los costos. Sin embargo, no es suficiente que el productor mismo se convenza de las ventajas de la no-quema y no queme sus residuos. Siempre que uno de sus vecinos siga quemando para preparar el terreno o regenerar la pastura, existe el riesgo de quemar accidentalmente el mantillo (es común oír en México que el productor no quemó pero que *'se pasó la lumbre'*). Por ende, si el productor

quiere estar seguro de que sus residuos no se quemarán posiblemente tendrá que hacer inversiones adicionales en tiempo y esfuerzo para construir una guardarraya.

#### *Disminuir la extracción*

Disminuir la extracción productiva de los residuos sólo es factible si el productor considera que los beneficios de no extraerla son mayores que los costos. Cabe destacar que como se trata de extracción productiva en general si existen verdaderos costos visibles al conservar los residuos. Además, se pueden distinguir varias posibilidades. Puede ser que el productor extraiga los residuos para su propio beneficio. En este caso, al reducir la extracción necesitará buscar alternativas de forraje o disminuir su hato. A primera vista esto no parece una opción muy atractiva.

También puede ser que otros productores extraigan sus residuos. En este caso, los costos de disminuir la extracción dependen mucho del hecho de si los usuarios recompensarán al dueño. Es posible que la extracción sea gratuita. Por ejemplo, a través de un pastoreo comunal después de la cosecha, que es una práctica común en México y Centroamérica. Si es socialmente aceptable, el productor puede contemplar restringir el acceso de los animales a sus parcelas. Por ejemplo, cercando su parcela. Sin embargo, en este caso la necesidad de proteger sus residuos puede representar una barrera substancial de entrada en términos de costo.

En otros lugares ya existe un mercado para los residuos de la cosecha, donde generalmente se vende la *'pastura'* (los residuos) en pie. Los arreglos y precios son variables, dependiendo de la región (p.e. demanda y producción de residuos como forraje) y de los factores específicos de la parcela (p.e. la ubicación, el cercado, la disponibilidad de agua, la cantidad de residuos). En estos casos, los costos de disminuir la extracción de los residuos son especialmente obvios, ya que, en general, los productores tendrán que ceder la venta de los residuos. Esta es una limitación particularmente severa si los beneficios en relación a la venta de los residuos forman una parte substancial de la ganancia bruta (p.e. > 10%), como es el caso en algunas zonas semiáridas de México (p.e. la Mixteca oaxaqueña, Bravo et al., 1992).

Cabe destacar que los arreglos de tenencia de la tierra en México generalmente también incluyen

disposiciones respecto al destino de los residuos. Por lo tanto, puede ser imposible para un arrendador disminuir la extracción de residuos ya que ésta está completamente en los manos del dueño.

#### *Disminuir el desgaste*

Es difícil disminuir el desgaste ya que este proceso es autónomo y el resultado directo de las fuerzas de la naturaleza. El productor sí tiene la opción de influir algo en el proceso a través de la fragilidad de los residuos (p.e. la selección de cultivo; y método de cosecha) y el tiempo que están expuestos éstos al desgaste (p.e. la época de siembra). Sin embargo, parece que esta opción no genera grandes posibilidades para la conservación de residuos.

En resumen, las opciones más realistas para poder satisfacer la condición de conservación de los residuos parecen ser la eliminación de la quema y la disminución de la incorporación (especialmente el barbecho en sistemas mecanizados). Ambas prácticas son muy eficaces en deshaciéndose de los residuos y por lo tanto, son incompatibles con la conservación de éstos. En México, la promoción de la labranza de conservación también enfatizó estos dos factores. Sin embargo, bien puede ser que aun con la no-quema y la labranza reducida no queden suficientes residuos como para formar un mantillo efectivo. En estos casos habrá que reducir la extracción productiva de los residuos, que en general parece ser una opción más costosa. El potencial de la tecnología en estos casos dependerá mucho del costo de oportunidad de los residuos como forraje. Las otras dos alternativas, aumentar la producción o disminuir el desgaste de los residuos, son relativamente menos promisorias.

### CONCLUSION

La clave de la labranza de conservación es el uso de los residuos como mantillo. Sin embargo, existe mucha confusión en relación al término labranza de conservación, entre otras cosas por poner demasiado énfasis en la labranza. El laboreo es sólo uno de los factores que afecta la disponibilidad de los residuos en áreas tropicales. Por ende, la conservación de residuos parece un término más apropiado para estos ambientes.

En México, la promoción de la labranza de conservación hasta la fecha enfatizó la no-quema y la no-inversión de suelo (el no barbechar). De hecho, estos dos factores son incompatibles con la

conservación de suficientes residuos para formar un mantillo efectivo. Sin embargo, hay que destacar que para llevar a cabo la conservación de residuos es necesario ver todos sus usos en conjunto. O sea, no sólo la quema o el barbecho, sino también la extracción productiva, el total de la incorporación y el desgaste, además de la producción de residuos. El conjunto de usos alternativos y la producción se reúne en el balance de residuos. Este balance es particular para cada localidad así que es peligroso generalizar. Sin embargo, en el contexto mexicano, el balance de residuos por lo general no da mucho lugar a la conservación de residuos en zonas semiáridas. En estas zonas, los residuos generalmente son una importante fuente de forraje en la temporada seca, en tanto que la producción es limitada. Por ejemplo, en la región Mixteca (estado de Oaxaca), que es semiárida, Bravo et al. (1992) encontraron que la importancia de los residuos como forraje y el consecuente alto precio de los mismos representa una grave limitación para la conservación de residuos.

### REFERENCIAS

- ACC and CTIC. «Residue Scorecard.» West Lafayette, IN, USA: CTIC, 1994.
- Bravo, E.M., M.v. Nieuwkoop, J. Rafael Contreras, J.L. Jiménez, y M. Morales Guerra. El Potencial de la Labranza de Conservación en la Mixteca Oaxaqueña. México, DF: INIFAP-CIMMYT, 1992.
- Cadena, P. Del Azadón a la Labranza de Conservación: La Adopción de la Labranza de Conservación en Dos Comunidades de la Sierra Madre de Chiapas. Montecillos, México: Colegio de Postgraduados, 1995.
- Choto de C., C. y G. Saín. Análisis del Mercado de Rastrojo y sus Implicaciones para la Adopción de la Labranza de Conservación en El Salvador. En: Síntesis de Resultados Experimentales 1992. Editado por Bolaños, J., G. Saín, R. Urbina, y H. Barreto. Guatemala: CIMMYT-PRM, 1993, p.212.
- Kok, H. and J. Thien. «RES-N-TILL: Crop Residue Conservation and Tillage Management Software.» *Journal of Soil and Water Conservation* 49(1994):551-553.
- Lal, R. "Effects of erosion on crop productivity". *CRC Critical reviews in Plant Sciences* 5(1987):303-367.
- Lal, R. «Conservation Tillage for Sustainable Agriculture: Tropic versus Temperate Environments.» *Advances in agronomy* 42(1989):85-197.

Mendoza M., S., M.v. Nieuwkoop, L. Harrington, y R. Tripp. Diagnóstico Sobre el Potencial de la Labranza de Conservación en el Valle de Ameca, Jalisco. México, DF: INIFAP-CIMMYT, 1992.

Pierce, F.J. A Systems Approach to Conservation Tillage: Introduction. En: A Systems Approach to Conservation Tillage. Edited by D'Itri, F.M. Michigan, USA: Michigan State University, Lewis Publishers, Inc. 1985, p.3-14.

Saín, G. Economics of Soil Conservation. A Conceptual Framework for its Analysis at the Farm Level. Documento interno. San José, Costa Rica: CIMMYT, 1996.

Shaxson, T.F., N.W. Hudson, D.W. Sanders, E. Roose, and W.C. Moldenhauer. Land Husbandry: A Framework for Soil and Water Conservation. Ankeny, Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1989.

Shelton, D.P., E.C. Dickey, R. Kanable, S.W. Melvin, and C.A. Burr. «Estimating Percent Residue Cover Using the Line-Transsect Method.» Conservation Tillage Facts CTNC-6, 1994.

Tripp, R. y H. Barreto. Estimación Aproximada de la Cantidad de Rastrojo de Maíz sobre el Suelo. Material de capacitación inédito. México, DF: CIMMYT, 1993.

Violic, A.D., F. Kocher, A.F.E. Palmer, y T. Nibe. Experimentación sobre labranza cero en maíz en la región costera del norte de Veracruz. En: Labranza de Conservación en Maíz. Barreto, H., R. Raab, A. Tasistro, y A.D. Violic (eds). México, DF: CIMMYT, 1989, p.155.

ISSN: 1405-3748



**International Maize and Wheat Improvement Center**  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
Lisboa 27, Apartado Postal 6-641, 06600 México, D.F., México