



# Adopción de la Cero Labranza: Identificación de Problemas y Posibles Soluciones

**E. Acevedo, P. Silva y E. Martínez.**

Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta  
Departamento de Producción Agrícola  
psilva@uchile.cl

La cero labranza (CL) constituye una forma diferente de hacer agricultura si se le compara con la labranza convencional (LC). El hecho de no labrar el suelo y dejar los rastrojos sobre él, determina una serie de consecuencias agronómicas sobre las rotaciones. La primera y tal vez más evidente es que los residuos de cosecha no son incorporados al suelo produciéndose una acumulación y estratificación de materia orgánica sobre éste, que se descompone lentamente.

### EFECTO DE LA MANTENCIÓN DE LOS RASTROJOS EN CERO LABRANZA

En la interfase suelo-rastrojo se producen fenómenos que son determinantes para el crecimiento de los cultivos, como son la partición y balance de agua y carbono del suelo, el balance de radiación y de energía asociado. Los rastrojos actúan como una barrera física alterando los intercambios de masa y energía, la radiación solar en un suelo con rastrojo ya no incide directamente sobre la superficie del suelo sino que lo hace sobre el rastrojo.

El proceso de evaporación de agua desde la superficie del suelo depende principalmente de la energía aportada por la radiación solar directa. Al no incidir la radiación sobre el suelo sino que sobre el rastrojo, baja la evaporación de agua desde el suelo, disminuyendo la pérdida de agua a la atmósfera por este concepto. Además, las gotas de lluvia caen sobre el rastrojo disipando allí su energía cinética, por lo que no afectan la estructura superficial del suelo, mejora la infiltración de agua, y disminuye el escurrimiento superficial. El resultado es que el balance hídrico del suelo mejora, lo que generalmente se expresa en una mayor disponibilidad de agua para las plantas (Figura 1), (Reyes et al, 2002, Uribe y Rouanet, 2002).

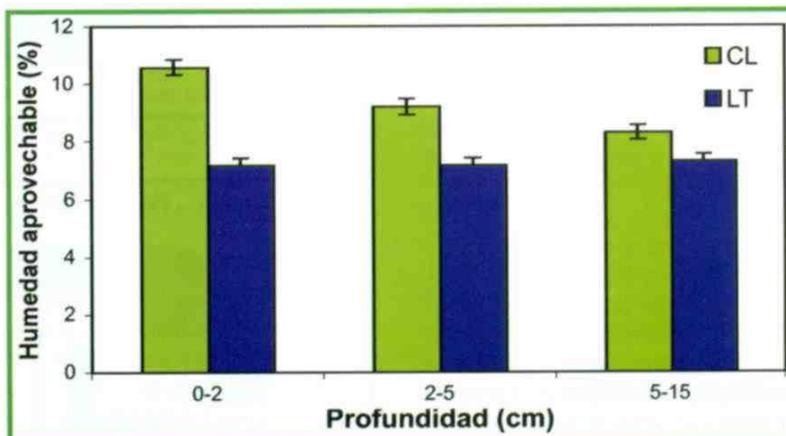


Figura 1. Valores de agua aprovechable para un Mollisol en labranza convencional (LT) y después de cuatro años de cero labranza (CL).

La menor radiación recibida por la superficie del suelo en cero labranza, junto al mayor contenido de agua del suelo hace que su temperatura media sea más baja y, en consecuencia, los procesos biológicos sean más lentos. La Figura

2 muestra que existe una menor temperatura máxima en un suelo no labrado con rastrojos en su superficie (CL) junto a una menor amplitud térmica que en LT.

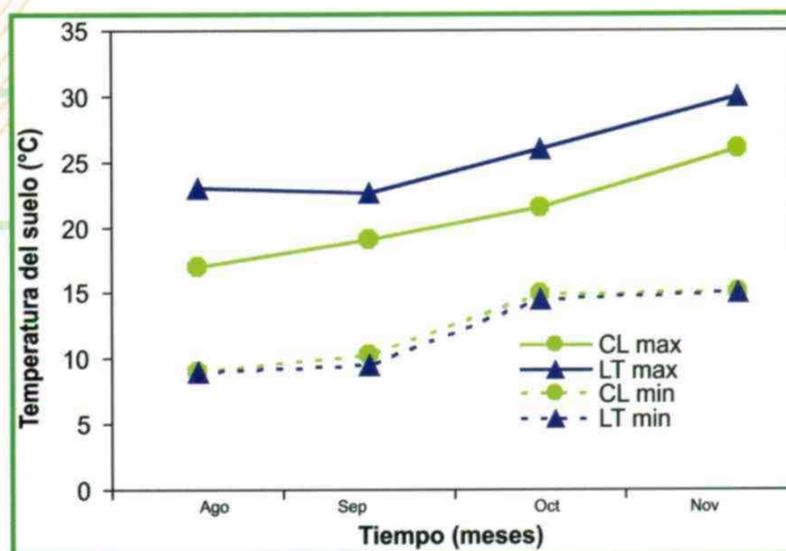


Figura 2. Temperatura mínima y máxima a 2 cm de profundidad en un suelo con trigo en cero labranza (CL) y labranza convencional (LT), en Santiago.

Como la energía cinética con que llegan las gotas del agua de lluvia a la superficie del suelo es menor en CL, ya que es disipada cuando las gotas chocan con el rastrojo, el agua infiltra lentamente sin producir sellamiento superficial ni erosión hídrica en el suelo. Cabe señalar que cantidades de residuo relativamente bajas, que cubran el suelo en aproximadamente 40%, ya son suficiente para reducir la erosión provocada por el impacto de la gota de lluvia en forma significativa. A un mismo nivel de cobertura, los rastrojos más finos de algunos cultivos como trigo protegen mejor el suelo que los rastrojos más gruesos como de maíz y lupino (Acevedo y Silva, 2003).

El principal efecto de la cero labranza sobre las propiedades químicas del suelo está vinculado al aumento de la materia orgánica que ocurre al dejar rastrojos sobre éste. La importancia de la materia orgánica radica en el aporte directo de nutrientes esenciales como N, P, S y micronutrientes, además de aportar carbono, esencial para estabilizar la estructura del suelo, y coloides orgánicos que aumentan substancialmente la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La microflora y/o microfauna del suelo aumenta con el aporte de materia orgánica a través de los rastrojos, especialmente en los primeros 5 cm. Suelos sometidos a sistema de CL, permiten aumentar la población microbiana en un 30 a 40%. La acción combinada e integrada de hongos, actinomicetes, bacterias y mesofauna del suelo, transforma la materia orgánica proveniente de los rastrojos en humus. Por lo anteriormente expuesto, los rastrojos de los cultivos sobre el suelo pueden utilizarse con el fin de:

- Proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica.
- Disminuir el escurrimiento superficial del agua.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Disminuir la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo.
- Incorporar materia orgánica (y por lo tanto C, N, P, S y otros) al suelo.
- Generar coloides orgánicos por descomposición.
- Mejorar la estructura y estabilidad de los agregados del suelo.
- Evitar el encostramiento superficial de los suelos.
- Mejorar la aireación del suelo.

- Evitar las temperaturas muy altas y muy bajas en el suelo.
- Aportar elementos nutritivos a las plantas y mejorar la fertilidad del suelo.
- Mejorar la actividad biológica del suelo.

Pese a los efectos positivos que significa la mantención de los rastrojos de los cultivos sobre el suelo, la implementación inadecuada de la cero labranza en suelos de clase textural arcillosa, o bien, en suelos mal drenados, puede generar algunos problemas de compactación. En la estación experimental Antumapu (Santiago), se ha observado que la labranza aumenta la macroporosidad del suelo durante el período de establecimiento hasta floración de los cultivos. El hecho de no labrar hace que el suelo genere agregados más estables pero, con un menor espacio entre ellos durante todo el período de crecimiento de los cultivos. Por consiguiente, la velocidad de infiltración de agua en suelos arcillosos manejados con cero labranza suele ser menor desde la siembra hasta floración. Si se aplica la misma frecuencia y carga de riego, bajo estas condiciones, es posible que se generen problemas de anegamiento que favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas. El nivel de daño dependerá entonces de la sensibilidad del cultivo y de la rotación utilizada. En general, rotaciones cultivadas con cero labranza que sólo incluyen especies gramíneas, como trigo-maíz, tienden a incrementar la presencia de fusariosis, enfermedad que afecta con mayor intensidad al trigo en la fase de floración. Esto conlleva a prestar mucha atención en el manejo del riego y en el uso de maquinaria que minimice la compactación del suelo (e.g. peso, presión de inflado de neumáticos y ancho de rueda) (Martínez, 2007).

En general, suelos de texturas medias a livianas cultivados con cero labranza tienden a no evidenciar los problemas de compactación anteriormente descritos, e incluso es común observar en la literatura informes sobre aumentos de la velocidad de infiltración de agua en el suelo y disminución en la compactación vinculados a la mayor actividad biológica y materia orgánica del suelo en CL.

#### EFFECTO DE LOS RASTROJOS SOBRE LOS CULTIVOS

Dependiendo de la cantidad de rastrojo deja-

do por el cultivo anterior, éste puede generar problemas operativos a la siembra del cultivo siguiente. Los cultivos de alto rendimiento dejan elevados niveles de rastrojos en el campo, es así como un cultivo de trigo que tenga un rendimiento de 70 qq / ha puede dejar 10 ton de rastrojo / ha y un cultivo de maíz con un rendimiento de 180 qq/ha puede dejar en el campo 18 ton de rastrojo/ha. Además, si la relación C/N del residuo es alta como en trigo, la tasa de descomposición es lenta.

El contenido de agua del rastrojo, su temperatura y sus características químicas, especialmente la relación C/N, influyen sobre su velocidad de descomposición y, por lo tanto, en el tiempo de permanencia de este material sobre el suelo. El Cuadro 1 muestra valores de relación C/N para rastrojos de distintos cultivos; los cultivos que tienen una relación C/N alta, como los cereales de invierno, tienen una menor velocidad de descomposición comparados con cultivos de menor relación C/N como las leguminosas.

**Cuadro 1. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de los rastrojos de los principales cultivos anuales**

Cultivo	Relación C/N
Trigo	60-90
Arroz	80-90
Cebada	80-90
Maíz	50-60
Raps	40-50
Lupino	30-40
Lenteja	30-40
Suelo	10-12
Microorganismos del suelo	6-7

Una parte importante de la superficie agrícola de Chile posee clima mediterráneo, con veranos secos y lluvias concentradas en invierno. Esto hace que los rastrojos comiencen a descomponerse una vez que se inician las lluvias en otoño, con temperaturas relativamente menores, lo que provoca una descomposición más lenta, persistiendo por un mayor tiempo el rastrojo en el suelo.

Pese a que en CL se produce un aumento de la cantidad total de nutrientes, la disponibilidad de algunos de éstos para las plantas, como los nitratos, es inicialmente menor que en LC. Esto se debe a que los residuos dejados sobre la su-



perficie del suelo persisten por más tiempo que los enterrados y la mineralización, que permite que los elementos nutritivos se tornen disponibles, es más lenta. La disponibilidad total en el tiempo es, sin embargo, mayor en suelos en cero labranza que en labranza convencional, por lo que la necesidad de fertilización tiende a disminuir con el tiempo en CL en relación a LT (Acevedo y Silva, 2003). En nuestros experimentos en Antumapu se ha observado que la disponibilidad de N se hace mayor a partir del cuarto año de CL, siendo inferior al que existe en LT en los primeros tres años.

Asociada a la descomposición de los residuos se produce generación y/o liberación de sustancias químicas (aleloquímicos), que pueden influir sobre el establecimiento de cultivos que sigan en la rotación, siendo especialmente alelopáticos los rastrojos que provienen de cereales cuando se siembran leguminosas como lupino. La cero labranza, con presencia de grandes cantidades de rastrojos sobre el suelo, dificulta el control de malezas debido a cambios en el tipo de malezas y a una menor eficiencia de

los herbicidas suelo-activo, que son usados especialmente en leguminosas. Desde el punto de vista fitosanitario, cambian las enfermedades y plagas dominantes. Se acentúa la presión de microorganismos patógenos que completan su ciclo de desarrollo en los rastrojos, y de plagas como las babosas, que requieren de un nicho más húmedo ya que no hay movimiento de suelo y se ven protegidas por los residuos.

Debido a las condiciones y dificultades mencionadas, el resultado de una rotación con cultivos en cero labranza con rastrojos sobre el suelo depende de las especies involucradas, del manejo de los residuos según su tipo y cantidad, de cambios en la fecha de siembra, de modificaciones en la fertilización, de la variedad elegida y de los agroquímicos utilizados, entre otros.

El cultivo de trigo es el más ampliamente sembrado en el país y es el que deja rastrojos de más lenta descomposición por su alta relación C/N. Por ello, a continuación se describirán en forma específica cuatro rotaciones en cero labranza con rastrojos sobre el suelo que incluyen a este

cultivo: trigo-avena, trigo-raps, trigo-lupino y trigo-maíz.

### ROTACIÓN TRIGO –AVENA

El Cuadro 2 muestra el efecto de la cantidad de rastrojos de trigo y avena sobre el establecimiento de avena y trigo respectivamente, en la precordillera de la VIII Región; los valores de rendimiento se expresan en relación al rendimiento de un tratamiento en que se han quemado los rastrojos y que se le ha dado un valor de 100% (Vidal y Troncoso, 2003).

Aunque se ha observado un menor número de plantas establecidas en estos cultivos cuando se usa cero labranza con rastrojos sobre el suelo, la población final de espigas y el rendimiento no se ve afectado (Figura 3a y 3b). La alta capacidad compensatoria de los cereales de invierno hace que se produzca un mayor número de macollas fértiles ante un bajo número de plantas establecidas. Por ello el rendimiento de estos cereales no se ve afectado aún con altas cantidades de rastrojo.

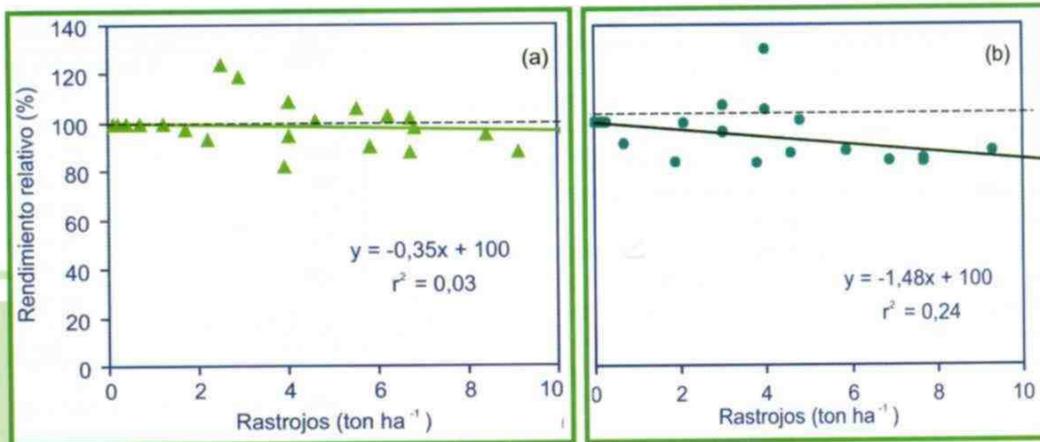


Figura 3. Efecto de la cantidad de rastrojos de avena sobre el rendimiento en cultivos de trigo(a) y rastrojo de trigo sobre el cultivo de la avena (b). Los valores de rendimiento se expresan en relación al rendimiento de un tratamiento en que se han quemado los rastrojos y que se le ha dado un valor de 100% (Vidal y Troncoso, 2003).

Cuadro 2. Efecto del manejo de residuos sobre el establecimiento de trigo y avena.

Manejo de rastrojos	Trigo		Avena	
	Establecimiento (plantas/ m2)	Rendimiento (qq/ha)	Establecimiento (plantas/ m2)	Rendimiento (qq/ha)
Quemado	368	67,5	373	57,3
Hilerado	348	52,0	336	46,7
Picado	318	63,7	254	48,5
Parado	307	61,7	271	49,5
DMS (0,05)	38	7,0	91	9,7

Fuente: Adaptado de Vidal y Troncoso,(2003).

Como consecuencia de lo anterior, el manejo de rastrojos en esta rotación es poco efectivo en aumentar el rendimiento (Cuadro 2), recomendándose el manejo de rastrojos de menor costo, es decir, dejar el rastrojo parado. Este manejo se realiza al momento de la cosecha del cultivo del cereal, cosechando con la automotriz lo más cercano a la espiga posible y utilizando picadores y esparcidores para distribuir el rastrojo y capotillo,



este último con un alto efecto alelopático.

La Figura 4 muestra valores simulados de rastrojos sobre el suelo de la rotación trigo-avena, estimados según las relaciones de García de Cortázar et al. (2003), para las zonas de Santiago y Temuco en condiciones de secano (350 y 1.100 mm de precipitación anual, respectivamente). Se puede apreciar que a partir del cuarto año hay una estabilización de la cantidad de rastrojos de la rotación trigo-avena cultivada en Santiago en alrededor de 9 y en 10 (ton ha<sup>-1</sup>), en Temuco. En esta rotación las principales malezas son gramíneas, destacando en el sistema de cero labranza las malezas de semilla pequeña como ballílica (*Lolium multiflorum*), vulpia (*Vulpia* spp.) y el pasto del perro (*Bromus* spp.).

En trigo se ha señalado un aumento de enfermedades asociadas a la presencia de rastrojos, tales como fusariosis de la raíz, septoriosis de la hoja, mancha ocular, mancha parda y oidio (Madariaga, 2003). En particular, la fusariosis de la raíz puede tornarse extraordinariamente grave si ocurre compactación del suelo y mal drenaje. Pese a que las babosas son polífagas, su agresividad sobre los cultivos cambia según el cultivo involucrado; es así como los cereales pueden

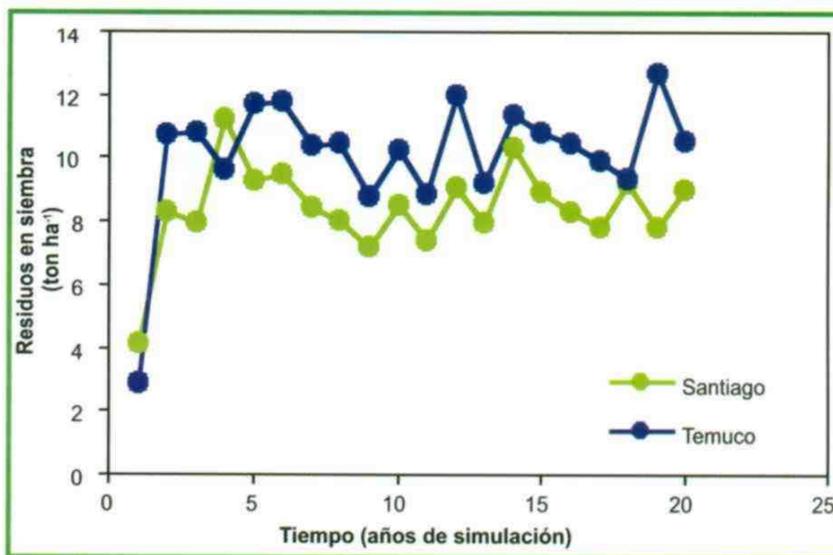


Figura 4. Valores simulados de rastrojos sobre el suelo de la rotación trigo-avena para la zona de Santiago y Temuco (García de Cortázar, datos no publicados).

aceptar una mayor presión de babosas antes de tener daño económico, considerándose daño severo de *D. reticulatum* en cereales cuando se detecta la presencia de 5 babosas/m<sup>2</sup>. Para el conteo de babosas se debe mojar el suelo, cubrir una superficie de 1 m<sup>2</sup> con plástico y colocar

molusquicida bajo él; al otro día se contabiliza el número de individuos presentes bajo la trampa (Aguilera, 2001).

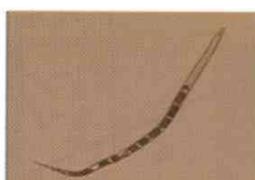
#### ROTACIÓN TRIGO – RAPS.

En raps se ha observado un efecto depresivo del



UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Sanidad Vegetal

## Laboratorio de Nematología



El Laboratorio de Nematología Agrícola ofrece los siguientes servicios:

**Análisis Nematológico de suelo.**

**Análisis Nematológico de raíces, tejidos aéreos y material de propagación.**

**Análisis Nematológico de agua.**

**Servicio de Muestreo.**

**Evaluación de diferentes activos para el control de nematodos fitoparásitos.**

**Cursos y seminarios en Nematología agrícola.**

Santa Rosa 11315, La Pintana, Casilla 1004 Stgo. Tel: (02) 9785821 – Fax: (02) 9785812



rastrajo de trigo sobre el rendimiento. En la Figura 5 se observa una disminución de rendimiento en grano de 88 kg ha<sup>-1</sup> por cada tonelada de rastrajo presente sobre el suelo al momento de la siembra; los datos se expresan con relación al tratamiento con quema que se considera un 100% (Vidal y Troncoso, 2003).

Esta situación se debe a problemas mecánicos en la siembra que pueden afectar la germinación y establecimiento de una especie cuya semilla es muy pequeña y con bajo nivel de reservas.

La rotación trigo-raps facilita el control de malezas de hoja ancha en trigo y de gramíneas en

raps. Recientemente se han producido variedades primaverales de raps con resistencia a herbicidas de la familia de las imidazolinonas, que permiten un buen control de malezas en raps y pueden ser usadas cuando el problema de malezas sobrepasa un nivel de complejidad mayor.

Con respecto a enfermedades, se ha observado aumento de pie negro (*Lepthosphaeria maculans* = *Phoma lingam*) en raps cuando se dejan rastros sobre el suelo. En presencia de rastros, el cultivo de raps es fuertemente atacado por babosas; se considera daño severo de *D. reticulatum* en este cultivo cuando se encuentran 2 babosas/m<sup>2</sup> (Acevedo y Silva, 2003).

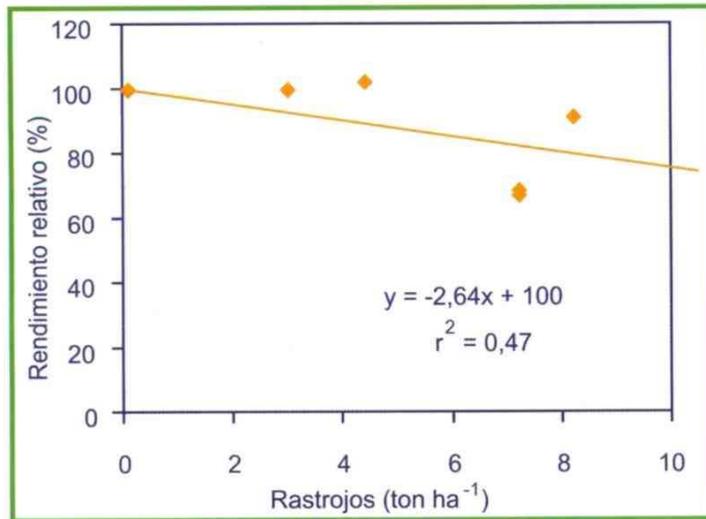


Figura 5. Efecto de la cantidad de rastrojos de trigo sobre rendimiento de raps.

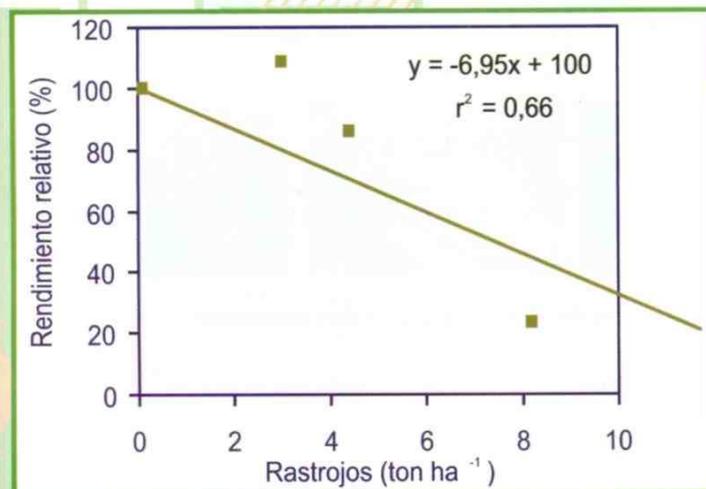


Figura 6. Efecto de la cantidad rastrojos de trigo sobre rendimiento de lupino.

### ROTACIÓN TRIGO – LUPINO

Hay un efecto notablemente depresivo del rastrajo de trigo sobre el rendimiento de lupino. La Figura 6 muestra una disminución del rendimiento de lupino de 265 Kg/ha por cada tonelada de rastrajo de trigo; los datos se expresan en relación a tratamiento con quema que se considera un 100% (Vidal y Troncoso, 2003).

Esto se debe a una importante pérdida de plántulas de lupino al momento o poco después de su emergencia por ataque de hongos (*Rhizoctonia* y *Fusarium*) y a problemas alelopáticos de los rastros de trigo sobre este cultivo.

Existe diferencias en el establecimiento de *Lupinus angustifolius* y *Lupinus albus* cuando se siembran sobre rastros de trigo.

El Cuadro 3 muestra mayor sensibilidad de *L. angustifolius* var. Danja con respecto a *L. albus* var. Rumbo. En la medida que hay menos residuo de trigo, el establecimiento de *L. albus* es mayor que el de *L. angustifolius*.

**Cuadro 3. Establecimiento relativo (%) de *L. angustifolius* var Danja y *L. albus* var Rumbo sobre 5 y 1 tonelada de rastrajo de trigo/ha respecto al control establecido sin trigo (Silva, 2007).**

Especie	Rastrajo de trigo	
	5 ton/ha	1 ton/ha
<i>L. angustifolius</i> var Danja	30,9 d	62,3 b
<i>L. albus</i> var. Rumbo	35,4 c	85,9 a
DMS (0,05)	4,2	

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos

La cantidad de rastrojos de cereal no debiera sobrepasar 4 ton/ha al momento de la siembra de la leguminosa mientras no se disponga de variedades de cereales con bajo nivel alelopático, o bien de leguminosas resistentes a este efecto. La Figura 7 muestra una simulación de acumulación de rastrojos en la rotación trigo-lupino en la zona de Santiago y Temuco en condiciones de secano. La acumulación de rastrojos (esencialmente de trigo) es evidentemente mayor a 4 ton/ha. A partir del cuarto año se observa una estabilización de la cantidad de rastrojos en esta rotación en aproximadamente 6,5 ton/ha en Santiago y 7,6 ton/ha en Temuco.

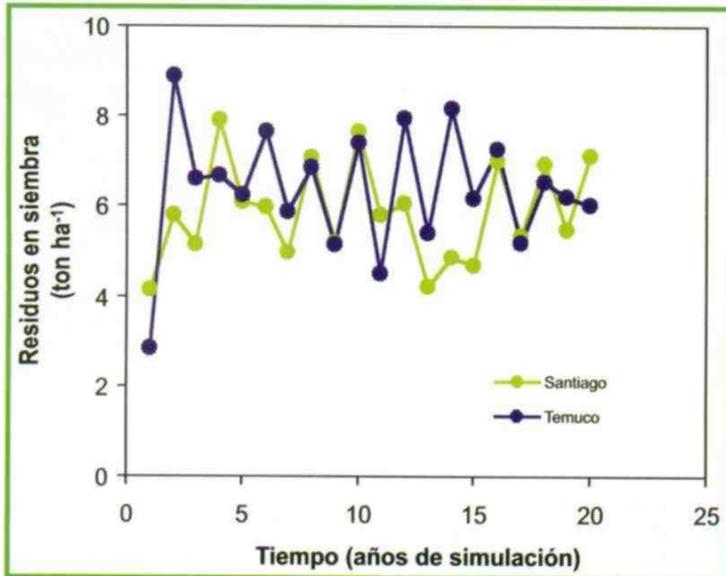


Figura 7. Valores simulados de rastrojos sobre el suelo de la rotación trigo-lupino para la zona de Santiago y Temuco (García de Cortázar, datos no publicados).

En cultivos como el lupino, los rastrojos del cereal precedente deben manejarse, ya sea hilerándolos o disminuyendo su nivel en el campo (animales, enfardado u otro). El hilerado se realiza mediante el uso de rastrillo de descarga lateral, la mayor fracción del rastrojo queda en hileras paralelas de aproximadamente 1,5 m de ancho que se ubican a 10 o 12 m de distancia. Con esto, se disminuye la cantidad de rastrojos entre hileras, permitiendo un adecuado establecimiento de lupino. Otra opción, es retardar la fecha de siembra hacia fines de invierno, y sembrar el lupino sobre rastrojo de cereal con mayor grado de descomposición; esto permite mejorar el establecimiento de lupino, particularmente de *L. angustifolius* (Figura 8).

En lupino se utilizan herbicidas suelo-activo preemergentes para controlar malezas de hoja ancha. Se ha observado una reducción de 24-25% en la efectividad de estos herbicidas (Pendimethalin, Cianazina, Metamitron y Linuron) en CL al comparar con LCT en *L. luteus* y un mayor rendimiento de 20 a 28% en labranza tradicional. Una interacción similar se encontró entre Linuron, Metribuzina, Simazina y Alaclor sobre el rendimiento de *L. albus* en CL y LT, los datos mostraron que los herbicidas deben seleccionarse de acuerdo al sistema de labranza, destacando Linuron como el mejor herbicida en CL y Metribuzina en LC (Silva, datos no publicados).

En Antumapu (RM) y en la VIII Región se ha observado que en lupino establecido en CL aumenta el ataque de rizoctonia (*Rhizoctonia* spp.) y, particularmente en la VIII Región, de antracnosis (*Colletotichum gloeosporoides*). Por otra parte, la presencia de rastrojos reduce el ataque de mancha café (*Pleiochaeta setosa*). En presencia de rastrojos de cereales sobre el suelo de cultivo el lupino, al igual que el raps, es fuertemente atacado por babosas; se considera daño severo de *D. reticulatum* en este cultivo cuando se encuentran 2 babosas / m<sup>2</sup> (Acevedo y Silva, 2003).

### ROTACIÓN TRIGO – MAÍZ

A diferencia de las rotaciones anteriores con cultivos de invierno, el maíz es un cultivo de verano que se siembra generalmente después de ocho a nueve meses de cosechado el trigo. En este caso, el rastrojo se ha reducido en forma importante, por lo que no provoca problemas ni en la

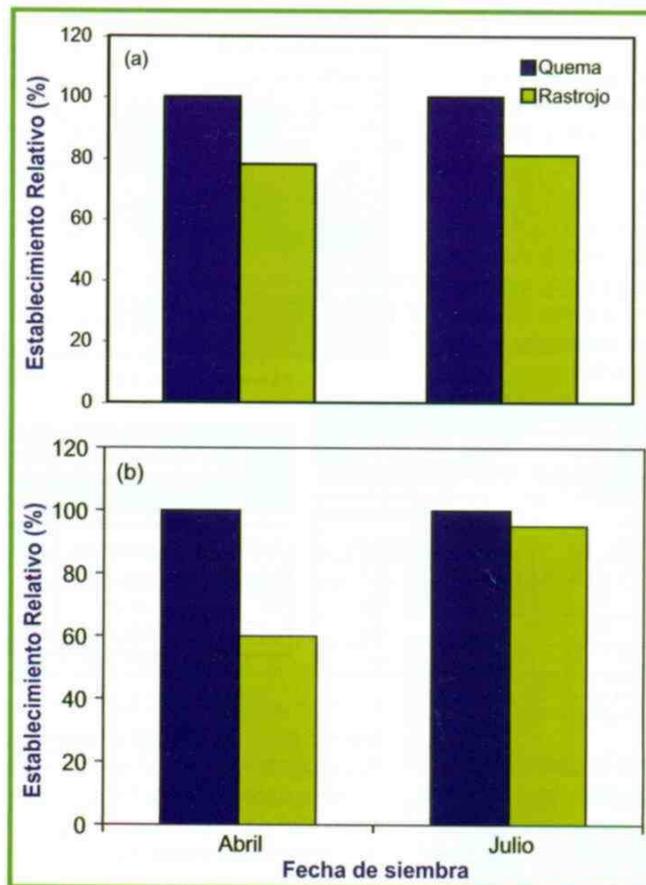


Figura 8. Establecimiento relativo de *L. albus* (a) y *L. angustifolius* (b) con respecto al establecimiento en un suelo con rastrojo quemado en una fecha de siembra temprana (Abril) y una siembra tardía (Julio) en la precordillera de la VIII Región (Acevedo y Silva, datos no publicados).



siembra ni en el establecimiento de maíz. En el maíz como "segunda siembra", o sea a menos de 15 días de cosechado el trigo, tampoco se ha observado reducción en su establecimiento, ni cambios importantes en rendimiento (Figura 9).

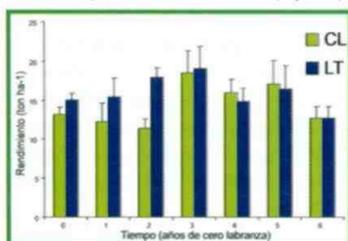


Figura 9. Rendimiento de maíz de grano en labranza convencional (LT) y cero labranza (CL) (Martínez, 2007).

Al igual que en raps, se han producido híbridos de maíz con resistencia a herbicidas de la familia de las imidazolinonas que permiten un buen control de malezas. Los híbridos de maíz Clearfield o IMI (resistentes a imidazolinonas) muestran un aumento en el rendimiento de grano, cuando se siembran sobre rastrojo de trigo (Cuadro 5).

Siembras de trigo realizadas inmediatamente después de cosechado maíz de grano de alto rendimiento (14 ton/ha), cuyo rastrojo fue picado, han provocado reducciones en el establecimiento de trigo del orden de 50%. Sin embargo, siembras realizadas sobre el rastrojo de maíz dulce no han provocado cambios en el establecimiento de trigo, debido al menor rastrojo (5 ton/ha), menor contenido de lignina del maíz dulce y al mayor tiempo entre la cosecha de maíz dulce y siembra del trigo.

Cuadro 5. Biomasa y rendimiento de híbridos México IMI (M. IMI) y México (M.) tratados con imidazolinona en cero labranza (Acevedo y Silva, 2003).

Tratamiento	Biomasa (qq/ha)	Rendimiento (qq/ha)
M. IMI sin control de malezas	223	111
M. IMI (D <sup>1</sup> )	282	135
M. IMI (DD <sup>2</sup> )	309	164
DMS (0,05)	57	41

<sup>1</sup> Dosis A de imidazolinona (euro-lighting)  
<sup>2</sup> Dosis B de imidazolinona (euro-lighting)

Una posible solución a los problemas mecánicos de establecimiento, como el observado en trigo después de maíz de grano, sería el uso de una sembradora de siembra directa desarrollada por ACIAR (Australian Centre for International Agri-

cultural Research) para la rotación trigo-arroz del sudeste asiático y que se conoce con el nombre de "Happy Seeder." Esta sembradora permite una óptima profundización de la semilla al tener adosado frontalmente un sistema tipo chopper que recoge y pica el rastrojo antes del paso de la sembradora y lo arroja

por sobre ella cubriendo nuevamente el suelo después de su paso (Figura 10 y 11).

En un ensayo realizado en la estación experimental Antumapu, con un suelo manejado por seis años con la rotación trigo-maíz en cero labranza se observó una reducción del rendimiento de trigo de 34% con respecto a labranza convencional (Cuadro 6), que estuvo asociada a un menor número de granos por espiga ( $r=0,831$ ) y menor



Figura 10. Vista lateral de Happy Seeder (fotografía proporcionada por R. A. Fischer).

Cuadro 6. Rendimiento, número de plantas/ha y componentes de rendimiento de trigo sobre rastrojo de maíz dulce después de 6 años en cero labranza y labranza convencional.

Sistema de labranza	Rendimiento (qq/ha)	Plantas/m <sup>2</sup>	Número de espigas/m <sup>2</sup>	Número de granos/espiga	Peso seco 1000 granos (g)
LC	70,7 a <sup>1</sup>	159,8 a	344 a	44,3 a	46,9 a
CL	46,8 b	165,0. a	319 a	33,0 b	44,5 a

<sup>1</sup> Letras distintas en la columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según prueba de Duncan.

peso de los granos ( $r=0,736$ ). La reducción en el número granos por espiga en el trigo de cero labranza, puede explicarse por una deficiencia de nitratos durante el período de mayor demanda del cultivo. Además, esta rotación (trigo candeal- maíz grano) es afectada severamente por enfermedades, en particular fusariosis de la raíz.



Figura 11. Vista posterior de Happy Seeder (fotografía proporcionada por R. A. Fischer).

La fertilización nitrogenada es uno de los problemas importantes en cero labranza; estudios realizados en el laboratorio Relación Suelo-Agua-Planta (Antumapu, Universidad de Chile), muestran que en CL se incorporan 500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de carbono de materia orgánica en el suelo (humus) y que junto a este carbono se inmovilizan 50 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de nitrógeno. Sin embargo, después de cuatro años de manejo ocurre una liberación del nitrógeno a formas asimilables a las plantas.

### SÍNTESIS

Los principales problemas y soluciones que se han expresado en este escrito aparecen sintetizados en el Cuadro 9, que constituye una proposición de trabajo en esta área.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al apoyo financiero aportado por los proyectos FONDECYT N° 1050565, FONDEF D991 1081, convenio SIRDS SAG-INDAP, y FIA que en su actividad estimularon la investigación y redacción de este artículo.

**Cuadro 9. Síntesis de los principales problemas de la cero labranza con rastrojos sobre el suelo y posibles soluciones en trigo, raps, lupino y maíz.**

Cultivo	Problema (Gravedad <sup>1</sup> )	Posible Solución
<b>Trigo</b>		
	Establecimiento después de maíz de grano (*)	
	Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la cantidad de astrojo (hilerado, enfardado o animales).</li> <li>• Uso de Happy Seeder.</li> </ul>
	Deficiencias de nitrógeno (**)	• Aumentar dosis de N (30%).
	Malezas (**)	• Rotación con oleaginosas o leguminosas.
	Enfermedades (**)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de fungicidas.</li> <li>• Uso de variedades tolerantes.</li> <li>• Evitar compactación del suelo.</li> </ul>
<b>Raps</b>		
	Establecimiento (**)	
	Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la cantidad de rastrojo (hilerado, enfardado o animales).</li> <li>• Uso de Happy Seeder.</li> </ul>
	Babosas (**)	• Hilerado de rastrojo más molusquicida.
	Malezas (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotaciones</li> <li>• Uso de variedades clearfield.</li> </ul>
<b>Lupino</b>		
	Establecimiento (***)	
	- Enfermedades	• Fungicida.
	- Daño por alelopatía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la cantidad de rastrojo (hilerado, enfardado o animales).</li> <li>• Cambiar la fecha de siembra.</li> <li>• Uso de variedades menos sensibles a la presencia de rastrojos.</li> </ul>
	Babosas (**)	• Hilerado de rastrojo más molusquicida.
	Malezas (**)	• Uso de herbicidas suelo-activo más eficientes en CL ej. Linuron.
<b>Maíz</b>		
	Deficiencia de nitrógeno (**)	• Aumentar dosis de N (30%).

<sup>1</sup> \* = gravedad leve, \*\* = gravedad moderada, \*\*\* = muy grave

**BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

**ACEVEDO, E. (ed.). 2003.** Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agronómicas, Serie Ciencias Agronómicas N°8 184p.

**ACEVEDO, E. y SILVA, P. 2003a.** Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 10. 118 p.

**ACEVEDO, E. y SILVA, P. 2003b.** Evaluación del híbrido Mexico IMI (tolerante a imidazoles) en cero labranza y labranza tradicional. Universidad de Chile-

Semameris. 4 p. AGUILERA, A. 2001. Manejo de las babosas en cero labranza. Tierra Adentro N° 40: 44-46.

**GARCÍA DE CORTAZAR, V., SILVA, P. y ACEVEDO, E. 2003.** Descomposición del rastrojo de trigo. Agricultura Técnica (Chile) 61(1):69-80.

**MADARIAGA, R. 2003.** Vida después de la muerte: Rastrojos e incidencias de enfermedades en cultivos anuales. pp: 157-164. En: Sustentabilidad en cultivos anuales: cero labranza, manejo de rastrojos. Acevedo, E. (ed.). Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agronómicas, serie Ciencias Agronómicas N°8.

**MARTÍNEZ, E. 2007.** Cero labranza, carbono y capacidad productiva de un suelo aluvial en la Zona Central de Chile. Tesis para optar al grado Académico de Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias. Universidad de Chile, 148 p.

**MARTÍNEZ, E., VALLE, S., SILVA, P. y ACEVEDO, E. 2004.** Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un suelo Mollisol asociadas a manejo en cero labranza. En Evaluación de parámetros y Procesos Hidrológicos en el Suelo. Compendio de los trabajos presentados en la VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelos. La Serena, Chile. Noviembre del 2 al 14 de 2003. UNESCO, Paris. 95-100pp

**REYES, J.I., MARTÍNEZ, E., SILVA, P. y ACEVEDO, E. 2002.** Cero Labranza y propiedades de un suelo aluvial de Chile central. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 18:78-81.

**ROUANET, J.L. 1995.** Uso sostenible del suelo en zonas de laderas: el papel esencial de los sistemas de labranza conservacionista. pp: 165-178. En: III Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. San José, Costa Rica.

**SILVA, P. 2007.** Cero labranza: Alelopatía del rastrojo de trigo sobre lupino. Tesis para optar al grado Académico de Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias. Universidad de Chile. 99 p.

**SORRENSEN, W.J. 1997.** Aspectos económicos de los sistemas de siembra directa y labranza convencional en pequeñas fincas del Paraguay. Informe FAO N°: 97/075 ISP-PAR.

**URIBE, H. y J. L. ROUANET. 2002.** Efecto de tres tipos de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. Agricultura Técnica (Chile) 62(4): 555-564.

**VALLE, S., MARTÍNEZ, E., SILVA, P. y ACEVEDO, E. 2004.** Efecto de la cero labranza en el crecimiento radical del trigo (*Triticum turgidum* L.) y propiedades físicas del suelo. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 20:151-162.

**VIDAL, I. y TRONCOSO, H. 2003.** Manejo de rastrojos en cultivos bajo cero labranza. pp: 57-82. En: Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Acevedo, E. (ed.). Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agronómicas, serie Ciencias Agronómicas N°8.