

**LA CERO LABRANZA EN SIEMBRAS DE TRIGO Y SU INFLUENCIA
EN EL MEDIO EDAFICO EN SUELOS EROSIONADOS DE LA CORDILLERA
DE LA COSTA DE CHILE CENTRAL**

Carlos Crovetto
Agricultor VIII Región

I. INTRODUCCION

La Cero Labranza (C.L.) es una nueva práctica agrónomica de manejo de suelo que permite sembrar sin arar, rastrear o cultivar, efectuándose la siembra sobre los rastros precedentes. Se ha desarrollado esta práctica, considerando que es un sistema de manejo de suelos capaz de evitar la erosión hídrica, clásico problema ya endémico en la mayoría de los suelos agrícolas de la cordillera de la costa y andina.

Se introdujo en un suelo granítico de la cordillera de la costa de Chile Central, como una forma agrónomica de producir trigo sin deteriorar la estructura del suelo y sus parámetros productivos.

II. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

Desde hace casi siglos los suelos observados fueron sometidos a un agudo proceso erosivo, debido a las siembras de trigo y fuertes lluvias invernales (780 mm). Las siembras experimentales se efectuaron sobre suelos erosionados sin mayor manejo conservacionista tradicionales del área y sobre pradera de 15 años.

En la siembra tradicional los equipos fueron arado de punta de tracción animal y rastra de disco. Los rastros de trigo fueron dejados

dos en todas las experiencias hasta 3 ton/ha. El exceso de rastrojo fue removido por ganado Hereford. Los rastrojos fueron tratados directamente en el terreno con melaza y urea en dosis de 100 l y 5 Kg respectivamente, disuelto en 100 l de agua por tonelada de paja tratada. Se diseñó un carro estanque con dos aspersores de ángulo parcial ubicados en la parte posterior sobre una barra retráctil que los separó a 8 m. La presión se logró con una bomba acoplada a la toma de fuerza del tractor. Previamente la paja fue picada y desparramada con una cortadora rotativa horizontal. Los rastrojos de maíz fueron picados con chopper modificada y no fue necesario extraer parcialmente la caña, ni agregar la mezcla de estanque ya señalada.

Se usó una sembradora abonadora C.L. Semeato (Brasil). En ambas situaciones experimentales se usaron aplicadores de fertilizante y herbicidas post siembra. La cosecha se efectuó por medio de trilladora combinada.

En las siembras de trigo sobre rastrojo de maíz no se usaron herbicidas de pre siembra.

Se establecieron parcelas experimentales de 1 ha.

La semilla de trigo fue desinfectada con Vitavax T (Carboxin + Thiram) en dosis de 150 g/100 Kg de semilla.

En todas las parcelas experimentales se usaron variedades de trigo precoz, sembrados en otoño : Sipa, Onda, Millaleu y Novo INIA. las dosis para ambas variedades fueron 160 Kg/ha para las siembras tradicionales y 175 Kg/ha para C.L. Las siembras se efectuaron a las seis semanas iniciadas las lluvias de otoño.

Dos sucesiones de cultivo fueron consideradas durante el período experimental de siete años :

- 1) Siembra de trigo sobre rastrojo de trigo
- 2) Siembra de trigo sobre rastrojo de maíz

1) Trigo sobre Trigo

Los herbicidas pre siembra fueron aplicados después de 30 días de la primera lluvia de otoño. Esto mejoró el control de malezas en emergencia, Cuadro 1.

Se aplicaron en C.L. 46 unidades/año de fósforo con la sembradora en forma de fosfato de amonio durante los tres primeros períodos. En siembras tradicionales las cantidades se mantuvieron hasta el final del ensayo. Se aplicó urea durante los primeros cinco años, posteriormente se usó salitre sódico en las dosis descritas en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Herbicidas usados en el control de malezas en trigo sobre trigo en siembras tradicionales y cero labranza

Nombre Comercial	Nombre Técnico	Epoca Aplicación	Dosis p.c./ha	Observaciones
<u>Tradicional</u> ¹				
Iloxán	Diclofop Metil	Malezas 2-4 Hjs	2.00 l	-
Banvel D	Dicamba	Macolla	0.25 l	m/e
M.C.P.A. 750	M.C.P.A. 750	Macolla	1.00 l	m/e
<u>Cero Labranza</u>				
Roundup	Glifosato	Pre-siembra	2.00 l ²	m/e
2,4-D 480	2,4-D	Pre-siembra	1.50 l	m/e

p.c. = Producto comercial

m/e = Mezcla estanque

¹ También fueron usados post emergente en C.L.

² Se aplicó 2-3 semanas previo a la siembra con equipos (C.D.A) de gota controlada. En los tres últimos períodos se uso equipo convencional.

Cuadro 2. Fertilización empleada en siembra de trigo sobre rastrojo de trigo

Año	Cultivo	Variedad	Tratamiento Tradicional		Tratamiento Cero Labranza	
			N	P	N	P ***
1982	Trigo	Sipa INIA	180 *	46	180	46
1983	Trigo	Sipa INIA	215 *	46	215	46
1984	Trigo	Onda INIA	220 *	46	220	46
1985	Trigo	Onda INIA	240 *	46	240	-
1986	Trigo	Millaleu INIA	240 *	46	240	-
1987	Trigo	Millaleu INIA	200 **	46	200	-
1988	Trigo	Novo INIA	180 **	46	180	-

* Urea

** Nitrato de Sodio (Salitre)

*** Fosfato de Amonio

2. Trigo sobre Rastrojo de Maíz

No fue necesario aplicar herbicidas de pre siembra. las malezas de post siembra fueron fácilmente controladas con los herbicidas ya descritos en el Cuadro 3.

Sólo se aplicó urea como fertilizante post emergencia en dos dosis. A partir de 1986 no se aplicó fósforo en las siembras de trigo, Cuadro 4.

Cuadro 3. Herbicidas usados en el control de malezas en trigo sobre maíz en siembras tradicionales y cero labranza

Nombre Comercial	Nombre Técnico	Epoca Aplicación	Dosis p.c./ha	Observaciones
<u>Tradicional y Cero Labranza</u>				
M.C.P.A. 750	M.C.P.A. 750	Macolla	1.00 l	m/e
Banvel D	Dicamba	Macolla	0.25 l	m/e

p.c. = Producto comercial

m/e = Mezcla estanque

Cuadro 4. Fertilización empleada en siembra de trigo sobre rastrojo de maíz

Año	Cultivo	Variedad	Tratamiento Tradicional		Tratamiento Cero Labranza	
			N	P	N	P
1982	Trigo	Sipa INIA	180 (1)	46	180 (1)	46 (3)
1983	Maíz	Pioneer 3747	260 (1)	92	260 (1)	92 (3)
1984	Trigo	Onda INIA	220 (1)	46	220 (1)	46 (3)
1985	Maíz	Pioneer 3747	320 (1)	92	320 (1)	92 (4)
1986	Trigo	Millaleu	240 (1)	46	240 (1)	-
1987	Maíz	Pioneer 3540	340 (2)	46	340 (2)	64 (4)
1988	trigo	Novo INIA	180 (2)	46	180 (2)	-

(1) Urea

(2) Nitrato de Sodio (Salitre)

(3) Fosfato de Amonio

(4) Hiperfosfato (32% P₂O₅)

El uso de la urea en C.L. durante los cinco primeros años acidificó el suelo, llegando a pH 5.77. A partir de 1987 se aplicó sólo salitre sódico subiendo el pH a 5.84, conjuntamente se apreció una mejor respuesta en los rendimientos y disminución de las dosis de nitrógeno total.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó una menor densidad de plantas en C.L. comparativamente con siembra tradicional, esto debido a que en suelos arcillosos la sembradora tiende a dejar el surco abierto. Al final del periodo mejoró la densidad poblacional, por mejor estructura del suelo.

No se detectaron problemas sanitarios en las parcelas sometidas a C.L., comparativamente con las de uso tradicional.

Tanto en siembra tradicional como en C.L. se observó un mejora miento gradual de los rendimientos de trigo. La aplicación de urea con la sembradora fue importante en el vigor inicial de las plantas. Dosis superiores a 60 unidades de N (urea) retardaron el desarrollo de las plantas.

La rotación de los cultivos favorece el control de malezas y mejora los rendimientos. Se observó un regular funcionamiento de los herbicidas residuales en C.L. en siembras de trigo y maíz. Se atribuyó esta menor efectividad a la retención física que ejerce el rastrojo, lo que impide el contacto con el suelo y las semillas de malezas. Quizás este sea un problema de vital importancia en el manejo de los herbi cidas llamados residuales, por cuanto el control de malezas post emergente en C.L. tiene la mayor significación en el manejo agronómico de los cultivos.

Las lluvias estimulan la generación de aleloquímicos que inhiben la germinación de malezas y aún de la semilla y plantas de trigo. Esta intolerancia a excesos de rastrojos se debe probablemente a efectos alelopáticos (PUTMAN, 1983). Por esta razón las siembras se efectuaron a seis semanas de originadas las primeras lluvias de otoño (Elliot et al., 1978).

La paja de trigo en siembras de otoño, presenta problemas alelopáticos si los rastrojos exceden 3 ton/ha. Las siembras se efectuaron extrayendo los excesos con ganado Hereford. Las siembras se iniciaron a las cinco semanas de originada la primera lluvia de otoño (20 mm) (Elliot et al., 1978).

La fitotoxicidad producida por la paja de trigo es mayor durante los procesos iniciales de su descomposición (otoño). Después de cuatro semanas de exposición de la paja a la lluvia, se ha encontrado la mayor actividad fitotóxica sobre trigo en germinación, con efecto residual de hasta ocho semanas (Guenzi, 1967).

McCalla (1963) identificó el agente de descomposición del rastrojo, la Patulina. Esta puede afectar el desarrollo de las plantas en cualquier estado de crecimiento.

En Australia, Kimber (1967) observó que los rendimientos de trigo eran más bajo cuando el otoño era seco y cuando las primeras lluvias coincidían con la siembra sobre rastrojo de trigo. Esto es concordante con los resultados de Guenzi (op. cit) y McCalla (op.cit).

Kimber (op.cit) estudió la producción de toxinas en varios rastrojos de cereales y leguminosas, determinando que los extractos eran más fitotóxicos en estado verde que en residuos maduros o secos.

No se observó efecto alelopático en las siembras experimentales, lo que indica que un correcto manejo del rastrojo parece ayudar a una buena sementera C.L. (Crovetto, 1983).

Es fácil confundir el efecto de aleloquímicos en siembras de trigo, con deficiencia de nitrógeno, especialmente en los primeros 60 días de desarrollo. La deficiencia de nitrógeno que ocasionan los rastrojos es uno de los aspectos más importantes en el manejo de la C.L. Generalmente ocurre si no se rectifica el desbalance en la relación

C/N. En las siembras experimentales se agregaron 20 Kg de N por tonelada de rastrojo de trigo presente. Sobre rastrojo de maíz no se usó N.

Se estima adecuada la fertilización en bandas, promueve un mejor desarrollo radicular y evita la inmovilización de nitrógeno por parte del rastrojo superficial.

Se detecta frecuentemente en siembras de trigo en sucesión una enfermedad radicular llamada mal del pié, causada por el hongo Gaeumannomyces graminis var. tritici (Ggt). Este hongo daña la raíz de las plantas y la base de los tallos (Apablaza, 1985). Por este motivo, los agricultores practican la rotación con avena, raps, leguminosas, praderas, etc.

El hongo del mal del pie es endémico en la mayoría de los suelos agrícolas de Chile y generalmente se le encuentra en plantas gramíneas, la cual le sirve de hospedero. En suelos vírgenes o de reciente cultivo, este patógeno se encuentra sólo latente y no produce daño a las gramíneas existentes. Sin embargo, el uso constante del arado y rastras disemina las esporas del hongo y a la vez, disminuye la resistencia microbiológica natural del suelo.

En las parcelas bajo cultivo la infestación por Ggt dañó durante todo el periodo experimental un promedio de 18% de las plantas respecto de la siembra C.L., mostrando espigas blancas erectas y grano chupado, lo que evidenció madurez forzada por muerte prematura de la planta. El porcentaje para los dos primeros años fue de 22% disminuyendo al final del periodo a 14% (Cuadro 7 y 8).

En los siete años que tiene el ensayo de trigo sobre trigo en C.L. no se ha detectado la presencia del mal del pie más allá de un 2% de plantas dañadas, lo que indicaría que la C.L. está restituyendo el natural ordenamiento biológico y ecológico del suelo. La nueva población bacteriana genera microorganismos que tienen capacidad bacterio-

faga, bacteriolítica, la que compite directamente con el patógeno (Demolón, 1965).

Se observó que las siembras hechas a fin de año fueron menos sensibles al ataque del Ggt, como también la aplicación de nitrógeno amoniacal hasta 1986 (urea) y la rotación de trigo-maíz ayudaron a su control (Bockus, 1983).

Cuadro 5. Análisis de micorriza vesículo arbuscular (M.V.A.) *

	Profundidad cm	N° Esporas x 100 g suelo		Micelio	Infección raíces %
		1986	1988**	1986	1986
Cero Labranza	0 - 20	216	460	1	27
Pradera	0 - 20	75	***	2	13
Convencional (arado)	0 - 20	56	***	3	19

¹ Abundante

² Regular

³ Escaso

* F. Borie, 1988

** Muestra 0 - 5 cm 753 esporas x 100 g suelo

*** No analizada

Simultáneamente la C.L. junto con estimular la proliferación de agentes biológicos que actúan en el saneamiento del suelo, se ha podido detectar una activación de la Micorriza Vesículo Arbuscular (M.V.A.) endotrófica, lo que demuestra una mayor población comparativa, esto es concordante con un aumento en el fósforo soluble o disponible (Borie, 1981). Este micoorganismo simbiote es capaz de promover una mejor nutrición vegetal ya que las raíces del hospedero se ven aumentadas en su eficacia por lograr más humedad y nutrientes debido a la presencia de

Cuadro 6. Caracterización química por tratamiento

Prof. (cm)	M.O.(%)	pH	N			P			K			meq/100 g					S.B. (%)
			ppm			ppm			ppm			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	
Tradicional (trigo) 5 años																	
0 - 5	1,42	6,14	16	7	185	11	4,75	2,02	0,25	0,49	68,27						
5 - 10	1,24	6,03	14	9	185	11	5,50	2,14	0,27	0,47	76,18						
10 - 20	1,00	5,86	13	5	168	11	4,88	2,02	0,29	0,45	69,45						
Pradera (15 años)																	
0 - 5	4,56	6,13	20	32	237	16	9,13	2,59	0,30	0,56	78,63						
5 - 10	1,92	6,32	18	19	244	10	5,50	2,06	0,28	0,52	83,60						
10 - 20	1,14	6,40	21	15	255	10	4,88	1,93	0,22	0,56	75,90						
Cero Labranza (trigo) 5 años																	
0 - 5	5,32	5,77	64	51	325	18	12,00	2,43	0,32	0,83	86,56						
5 - 10	2,84	5,96	58	46	280	13	7,00	1,67	0,25	0,61	73,31						
10 - 20	2,24	5,87	27	5	232	13	7,00	2,06	0,25	0,47	75,23						

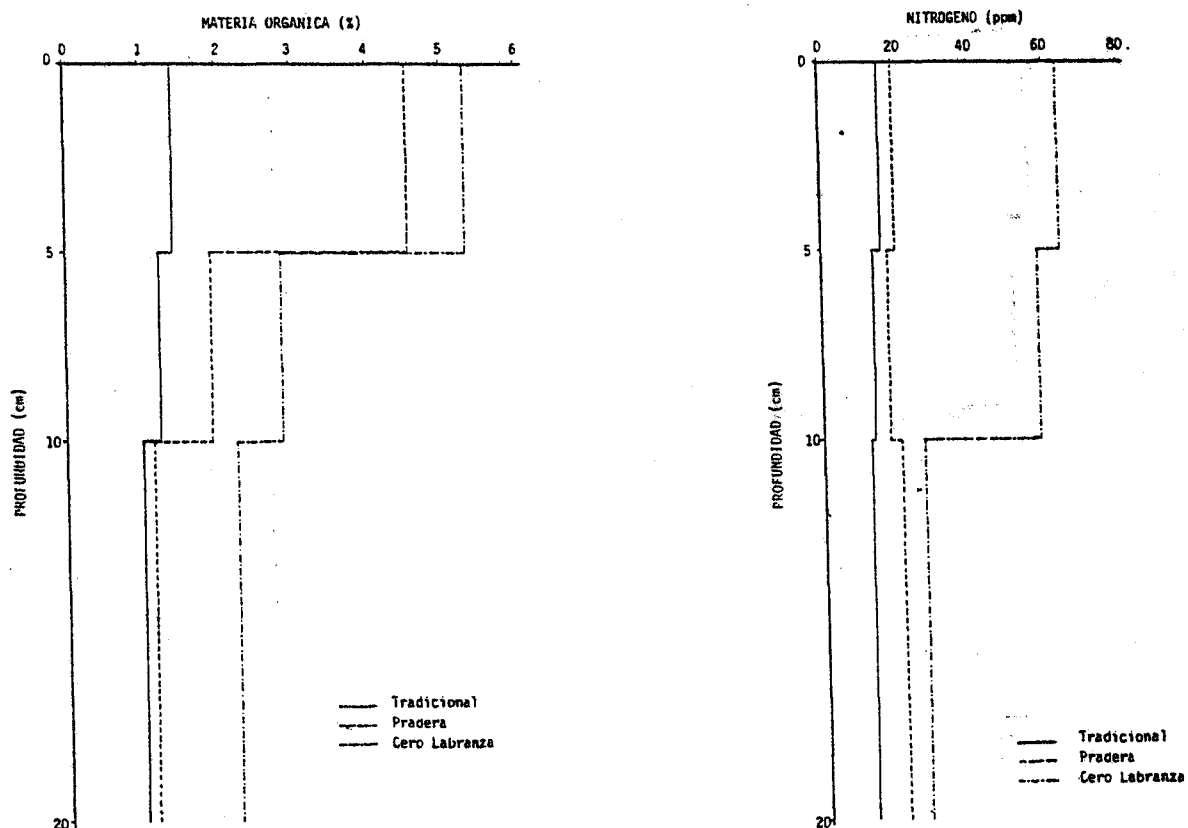


Figura 1. Distribución de la materia orgánica y nitrógeno en el perfil del suelo.

Cuadro 7. Rendimientos en siembras de trigo sobre rastrojo de trigo
(1)

Año Siembra	Tradicional ton/ha	Cero Labranza ton/ha
1982	2,6	2,5
1983	2,5	3,2
1984	3,0	3,8
1985	4,8	5,6
1986 (2)	3,7	4,3
1987 (3)	3,0	4,0
1988 (3)	2,8	3,8

(1) Los rastrojos de trigo al momento de la siembra no excedieron de 3 ton/ha.

(2) Siembra tardía por otoño lluvioso.

(3) Malezas de difícil control.

Cuadro 8. Rendimientos en siembras de trigo sobre rastrojo de maíz (1)

Año Siembra	Tradicional ton/ha	Cero Labranza ton/ha
1982	2,4	2,8
1984	3,2	4,0
1986 (2)	3,9	4,5
1987	4,2	5,4
1988	4,8	6,1

(1) Los rastrojos finales de maíz al momento de la siembra fueron superiores a 8 ton/ha.

(2) Siembra tardía por otoño lluvioso.

hifas extra corpóreas. Por otro lado, las hifas pueden lograr formas de fósforo no solubles, debido a su capacidad de generar ácidos orgánicos y enzimas capaces de desdoblar fósforo no disponible regularmente para las plantas. En los primeros cinco años del ensayo el aumento de la población de M.V.A. es similar al del fósforo disponible (Figura 1a y Cuadro 5).

Debido a este fenómeno de notables proporciones, a partir de 1985 no se usa fósforo en siembras de trigo, hecho que se ratifica por el alto contenido de P disponible en suelos bajos C. L.

En el cultivo del maíz se usó desde 1985 Hiperfosfato como fuente de P (32% P_2O_5).

Este fosfato tricálcico de uso común en Chile en los últimos 20 años, tiene notables ventajas en la acción de la M.V.A. Sieverding (1984), menciona el efecto beneficioso en la gran mayoría de los cultivos, comparativamente con los fosfatos monocalcicos solubles al agua, los cuales además de ser fijados por los suelos con alto contenido de Al y Fe, inhiben la acción beneficiosa de este simbiote.

Durante el periodo experimental se observó que los rastrojos bien manejados evitan los procesos erosivos del suelo, aumenta la capacidad de infiltración y retención de agua lluvia, esto unido a un aumento de los niveles de materia orgánica, mejora la cantidad y distribución de los poros del suelo. La descomposición de los rastrojos estimulan la formación de ácidos orgánicos como el citrico, málico, tartárico, etc. El ácido citrico al combinarse con el amonio existente en el suelo, forma citrato de amonio, compuesto activo en la liberación de fósforo.

La capacidad de retención de bases de un suelo es un fenómeno físico-químico importante en nutrición vegetal. Los suelos bajo experimentación tienen baja capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.)

ha subido de 11 meq/100 g a 18 meq/100 g, incidiendo igualmente en una mayor saturación de bases. En suelos frios y de alta pluviometría invernal, el aumento de la C.I.C es importante en el aprovechamiento de los cationes del suelo los cuales son retenidos por la fracción coloidal del suelo hasta que la planta los pueda utilizar.

En las parcelas experimentales se cuantificó la población de lombrices Allolobophora sp. y se pudo constatar para C.L. una población 36 veces superior respecto al cultivo tradicional. Este notable aumento ha sido de gran beneficio para el suelo, en sus aspectos físicos, químicos y biológicos. Las lombrices son importantes en el mejoramiento de la porosidad del suelo, estructura y capacidad de absorción de agua, elevan los niveles nutritivos y enriquecen la microbiología del suelo, especialmente en los canales y laberintos que dejan a su paso. El aumento de los rendimientos de trigo puede deberse también a la mayor actividad de lombrices a las que se les atribuye especial importancia en los procesos edáficos (Phillips et al, 1976).

El aumento de la materia orgánica (Figura 1 a), especialmente en los primeros 5 cm de suelo, ha sido de vital importancia en la proliferación de lombrices y éstas a su vez, cooperan eficientemente en la digestión de rastrojos. Ambos procesos son activadores de la pedogénesis y contribuyen a aumentar la fertilidad del suelo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Población de lombriz de tierra en suelos bajo cultivo tradicional, pradera y cero labranza

Profundidad cm.	Tradicional	Pradera unidades por m ²	Cero Labranza
0 - 5	1	28	67
5 - 10	2	12	40
10 - 15	0	1	1

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos se concluye que la Cero Labranza ofrece las siguientes ventajas comparativas.

1. Disminución de la erosión hídrica y mejoramiento de las cualidades físicas del suelo.
2. Permite el uso de suelos que por condiciones topográficas de pendiente y susceptibilidad a la erosión no podrían ser utilizados con los sistemas tradicionales.
3. Mayor cantidad de nutrientes disponibles, especialmente fósforo.
4. Aumento de la población de Micorriza Vesículo Arbuscular, importante en la disponibilidad de fósforo, azufre, cobre y zinc.
5. Control efectivo del mal del pie (Gaeumannomyces graminis var. tritici).
6. Rotación de cultivos ofrece ventajas comparativas respecto de cultivos sucesivos.
7. El aumento de los niveles de materia orgánica, potencializa todos los niveles bióticos y ecológicos del suelo, con lo que se logra un mejor ordenamiento biológico y de sanidad vegetal.
8. Mejora la capacidad de intercambio de bases.
9. Estimula la proliferación de lombrices en el suelo, hecho que mejora las cualidades físicas, químicas y biológicas del mismo y por ende, la nutrición vegetal.