

INVESTIGACIONES

EFFECTO DEL SISTEMA DE LABOREO EN LAS PÉRDIDAS DE SUELO POR EROSIÓN EN LA ROTACIÓN TRIGO-AVENA Y PRADERAS EN LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA REGIÓN CENTRO-SUR¹

Effect of tillage on soil erosion losses with a wheat-oat rotation and pasturing in the Andean foothills of the South-Central region of Chile

Nicasio Rodríguez S.², Emilio Ruz J.², Adriana Valenzuela P.² y Ciro Belmar N.²

ABSTRACT

A study for evaluating soil erosion as a result of four different tillage systems was carried out from 1994 to 1996 on a volcanic soil (Dystrandepts) at San Pedro, Ñuble province, in the foothills of the Chilean Andes (Lat. 37° 47' S; Long. 72° 01' W). Four soil treatments were evaluated using a completely randomized block design with three repetitions: conventional tillage (LC), vertical plowing (LV), direct drilling (SD) and permanent pasture (P). Surface drainage and erosion were measured in 11 m plots. The results obtained in each of the seasons indicate that the highest soil losses are associated with the use of LC and decrease 4 to 5 times with LV and SD: (LC 19.3 t ha⁻¹; LV 5.5 t ha⁻¹; SD 3.0 t ha⁻¹ and P 0.64 t ha⁻¹). The largest losses occurred during winter, in June, July and August, months the soil is saturated with water. After August, vegetative cover provided by wheat reduced the beating action of the rain, increased the infiltration and reduced the surface runoff. Associated with the soil erosion, there was a loss of organic matter that for LC was of 2381 kg ha⁻¹ yr⁻¹, which is six times higher than for the other treatments. The total nitrogen was significantly reduced by LC, 121 kg ha⁻¹ yr⁻¹, whereas slight losses occurred when employing soil conservation methods.

Key words: soil erosion, tillage systems, crop rotation.

INTRODUCCIÓN

Los suelos agrícolas de la Precordillera Andina de la región del Bío-Bío se han incorporado gradualmente a una agricultura más intensiva, con un laboreo permanente del suelo, generando procesos de erosión durante los meses de invierno. Sin embargo, las condiciones climáticas, características físico-químicas de los suelos y su topografía, imponen a la agricultura del área

un alto grado de fragilidad, que permite plantear la hipótesis que si se mantiene la labranza tradicional sin prácticas de conservación, se verá amenazada la sustentabilidad de los sistemas productivos por la erosión y cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos.

La precipitación anual de la zona alcanza a 1.400 mm (promedio de 5 años), concentrándose el 70% entre los meses de marzo y agosto, lo cual constituye un riesgo de erosión hídrica cuando se emplea el laboreo tradicional y no existe cobertura vegetal a inicios de las lluvias de invierno (Novoa y Del Canto, 1988). Baker y Laflen (1983) señalan que asociado a las pér-

¹Recepción de originales: 11 de enero de 1999.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: nrodrigu@quilamapu.inia.cl

didadas de suelo, en esta época del año los nutrientes, pueden ser removidos de la zona radicular por lixiviación en el agua que percola a estratas profundas.

Una de las características más importantes de los suelos erosionados es la disminución permanente de la fertilidad y pérdida de materia orgánica, efecto que se puede incrementar significativamente de acuerdo a la posición fisiográfica, pendiente y material parental del suelo (Lagos *et al.*, 1994).

Para mitigar los problemas de erosión, en los últimos años se ha iniciado en la precordillera andina un cambio que tiende a modificar el uso de laboreo convencional hacia sistemas que contemplan desde un laboreo reducido hasta la siembra directa, en la cual se dejan los residuos del cultivo anterior y las malezas se controlan con productos químicos (Phillips *et al.*, 1991). Las características y beneficios de sistemas de siembra directa han sido ampliamente discutidos en el extranjero, pero existen escasas referencias para las condiciones de Chile y en particular para la precordillera andina (Peña, 1978; Kahnt, 1984; Derpsch *et al.*, 1991; Crovetto, 1992).

Por otra parte, la siembra directa, si bien ha demostrado ejercer un efecto positivo en el control de la erosión, tiende a modificar las propiedades físicas del suelo como porosidad, tamaño y estabilidad de los agregados, contenido y distribución de materia orgánica, concentración de nutrientes, acidez, procesos de mineralización, denitrificación e inmovilización del N (Tracy *et al.*, 1990; Crovetto, 1992). Estos cambios pueden llegar a afectar la capacidad de producción (Bertoni y Lombardi Neto, 1985). En condiciones de erosión acelerada el suelo pierde capacidad de producción debido a la degradación de su estructura, disminución de la materia orgánica, pérdida de suelo y de nutrientes (Bertoni y Lombardi Neto, 1985).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de preparación de

suelo sobre la erosión y pérdidas de nutrientes en una rotación intensiva trigo-avena y praderas permanentes sin laboreo de suelo, durante tres años en la Precordillera Andina de la VIII Región. Además, se evaluó la productividad de trigo y avena empleando siembra directa, siembra tradicional y labranza vertical.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la localidad de San Pedro, comuna de Yungay (Lat. 37° 47' S; Long. 72° 01' O), en un suelo trumao (Typic Dystrandepts), con profundidad mayor a 3,0 m, con una pendiente de 11%. Las características físico-químicas del suelo del ensayo se presentan en el Cuadro 1. La metodología empleada para la medición de erosión corresponde a la propuesta por Stocking (1985). Se realizaron cuatro tratamientos: Labranza Convencional (LC), Labranza Vertical (LV), Siembra Directa (SD) y Pradera Natural (P). Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas midieron 11 m de largo x 3,6 m de ancho. El sedimento grueso se midió en un colector al final de las parcelas, y el sedimento fino se estimó en muestras de agua extraídas de recipientes acumuladores del escurrimiento superficial. Los resultados se ajustaron a una longitud de ladera de 100 m y se expresan en t ha⁻¹. Se usó trigo (*Triticum aestivum* L.) de invierno, variedad Candela, y avena (*Avena sativa*) variedad Nehuén, en una rotación trigo-avena. La dosis de semilla utilizada fue de 180 kg ha⁻¹ y de 100 kg ha⁻¹, para trigo y avena, respectivamente. Las fechas de siembra fueron las siguientes: trigo (31 de mayo de 1994 y 30 de mayo de 1996), avena (15 de abril 1995).

Las semillas se desinfectaron con Raxil (tebuconazole I + thiuram II), en dosis de 2 g kg⁻¹. En el tratamiento SD se aplicó Round up (glifosato) en presiembra en dosis de 2,5 L ha⁻¹. Para controlar las malezas de hoja ancha y resistentes a 2,4 D se empleó una mezcla de MCPA + Banvel en dosis de 1 L y 250 cc respectivamente. Las malezas gramíneas se eliminaron con ILO-

Cuadro 1. Propiedades químicas y físicas del suelo del ensayo**Table 1. Chemical and physical properties of the experimental soil**

Característica	Profundidad del suelo (cm)					
	0-17	17-28	28-43	43-67	67-98	98 y más
Textura (USDA)	FL	FL	FL	FL	FL	FL
Densidad aparente (g cc ⁻¹)	0,94	0,79	0,71	0,98	0,94	0,89
Humedad 33 kPa	59,5	67,1	61,6	55,0	55,5	57,5
Humedad 1500 kPa	26,4	35,7	38,6	37,2	38,5	40,6
Materia orgánica (%)	12,4	10,6	9,2	13,8	3,4	2,3
PH (H ₂ O)	6,1	6,4	6,8	7,0	6,2	7,2
Cationes de intercambio:						
(cmol+/kg)						
Calcio	5,7	6,7	7,9	7,3	8,2	6,5
Magnesio	0,8	1,1	1,3	1,1	1,2	1,4
Potasio	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2
Sodio	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4
Suma Cationes Intercambio	7,2	8,7	9,9	9,1	9,8	8,5

Fuente: CIREN-CORFO. 1989. Estudio Agrológico Área del Proyecto Laja – Diguillín.

FL: Franco Limoso.

XAN (diclofop metil fenoxaprop-etil) en dosis de 2 L ha⁻¹. Se fertilizó con 65,5 kg P ha⁻¹ incorporado a la siembra junto a la semilla, 150 kg N ha⁻¹ parcializado, mitad a la siembra y en la macolla, y 100 kg K₂O ha⁻¹ a la siembra. La pradera natural se fertilizó con 21,8 P kg ha⁻¹ y 50 kg N ha⁻¹ todos los años, con aplicaciones en cobertera al inicio de primavera. Las fuentes de fertilizantes fueron Urea (45% N), Superfosfato Triple (20,5% P), y Muriato de Potasio (50% K). Las mediciones de erosión se realizaron después de cada lluvia de alta intensidad.

Evaluaciones

Agua superficial escurrida, sedimentos gruesos (colector) y finos en suspensión (tambor de 200 L). Se registró la pluviometría diaria durante todo el período del ensayo.

De la ecuación universal de erosión $A = R K L S C P$ (Wischmeier y Smith, 1978) para estimar la erosión, se calcularon diferentes longitudes (L) y pendientes (S), extrapolando valores de las mediciones experimentales como se indica a continuación.

$$L = (f / 22,25)^{0,5}$$

donde f es la longitud de la pendiente en metros.

$$S = (0,52 + 0,36 s + 0,052 s^2) / 8$$

donde s es la pendiente en porcentaje.

A la cosecha se evaluó el rendimiento del grano de trigo (t ha⁻¹) y de avena, altura de planta (cm) y peso del hectolitro (kg hectolitro⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pluviometría

La lluvia en la zona de precordillera durante el período de estudio se concentró entre los meses de junio a octubre, con un total anual de 837 mm y 732 mm para los años 1994 y 1995, respectivamente. Los valores anuales corresponden a los promedios históricos para la zona, que fluctúan alrededor de 800 mm. Los resultados, en relación con la distribución e intensidad de lluvia se presentan en el Cuadro 2. Al comparar la intensidad de lluvia entre los años 1994 y 1995, se encontró que no hubo diferencia estadística entre años, de igual forma, cuando se evaluó el parámetro intensidad de lluvia contra la variable mes no se detectaron diferencias sig-

nificativas ($P < 0,05$). Esto indica que al menos estos dos años tuvieron un comportamiento similar en cuanto a intensidad de lluvia, lo que permite descartar que las diferencias observadas entre años en las variables medidas están relacionadas con distintos registros pluviométricos.

Escurrimiento Superficial

En la Figura 1 se presenta el promedio mensual del escurrimiento superficial (mm) medido en las parcelas de 11 m para cada sistema de labranza. Se incluye sobre cada columna el valor de lluvia mensual promedio para 1994 y 1995. Los meses de junio, julio y agosto concentran los mayores eventos de lluvia que ocasionan el escurrimiento superficial; este declina notoriamente a partir de septiembre.

Cuadro 2. Comportamiento de la intensidad de la lluvia en los años 1994 y 1995

Table 2. Rain intensity pattern during 1994 and 1995

Año	Pluviometría anual (mm)	Número de días con lluvia	Promedio de días con lluvia	Máxima (mm día ⁻¹)	Mínima (mm día ⁻¹)
1994	837	46	18,2	34,2	4,0
1995	732	49	15,0	24,1	8,5

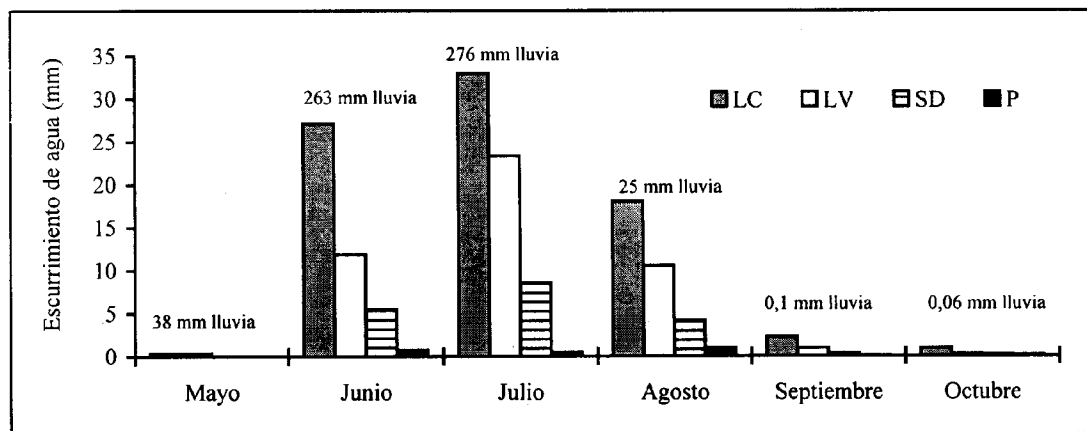


Figura 1. Variación del escurrimiento superficial de agua a través del año en distintos sistemas de labranza. LC: Labranza Convencional; LV: Labranza Vertical; SD: Siembra Directa; P: Pradera natural. (Los números sobre las columnas corresponden a valores de lluvia mensual promedio para 1994 y 1995).

Figure 1. Water runoff variation throughout the year with the different tillage systems. LC: conventional tillage; LV: vertical plowing; SD: direct drilling; P: Permanent pasture.

La Figura 1 muestra con claridad el significativo efecto del sistema de labranza en las tasas de escurrimiento superficial de agua lluvia. El sistema de labranza convencional (LC), en todos los meses presenta la menor capacidad de retención de agua, generando por lo tanto, una tasa de escurrimiento casi cuatro veces mayor que el sistema de siembra directa (SD). Por otro lado, el sistema de labranza vertical (LV) aparece con valores intermedios, también significativamente mayores que SD.

Al comparar los sistemas de labranza con praderas naturales (P), se puede observar que en todos los meses el escurrimiento superficial es bajo, aún en invierno.

Pérdidas de Suelo

En la Figura 2 se presentan las pérdidas de suelo a través de los distintos meses del año para los tres sistemas de labranza y pradera. La tendencia observada sigue la misma del escurrimiento; las mayores pérdidas de suelo se concentran en los meses de junio, julio y agosto. Del mismo

modo, el sistema LC presentó las mayores pérdidas de suelo en los meses anteriormente señalados. El sistema SD redujo significativamente las pérdidas de suelo tres veces más que las ocasionadas por LC.

La acentuada pérdida de suelo en el sistema LC, se debe esencialmente al hecho que en esa época del año el suelo se encuentra sin cobertura vegetal. Las siembras se efectúan en mayo, por lo tanto en los meses de junio y julio el cultivo está en sus estados iniciales de desarrollo. Además, este suelo posee una textura franco limosa, prácticamente sin estructura en la estrata superficial, producto de laboreo de tipo convencional.

La SD mostró pérdidas de suelo que fluctúan entre 1 y 2 t ha⁻¹ en los meses invernales y el LV entre 2 y 3 t ha⁻¹. Las pérdidas de suelo en ambos sistemas son significativamente menores que LC, mientras que en P la cobertura vegetal permanente y la estructura de suelo más fuerte contribuye a que las pérdidas de suelo sean mínimas a través de todo el año.

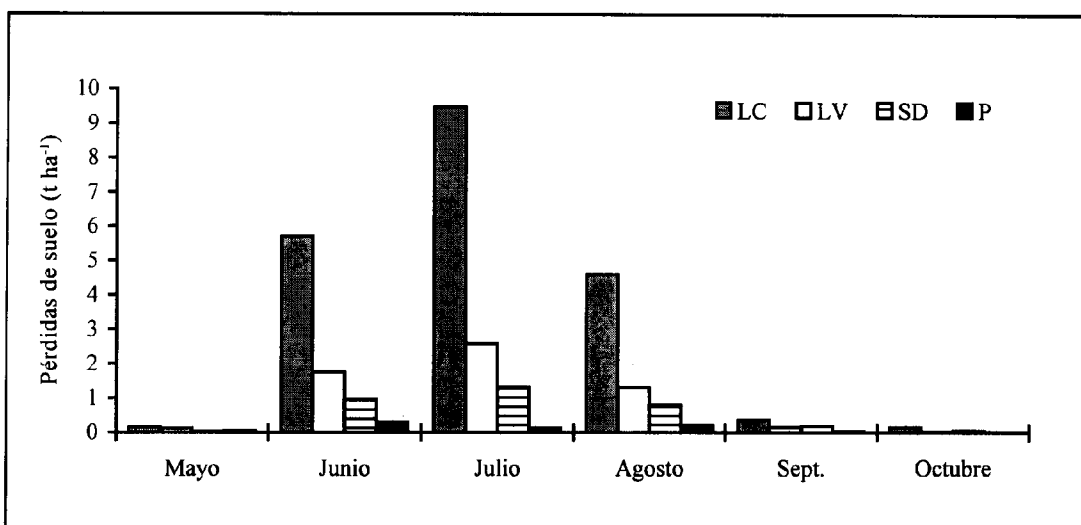


Figura 2. Variación de las pérdidas de suelo a través del año en los distintos sistemas de labranza.
 LC: Labranza Convencional; LV: Labranza Vertical; SD: Siembra Directa; P: Pradera natural.
 Figure 2. Soil loss variation throughout the year with the different tillage systems.
 LC: conventional tillage; LV: vertical plowing; SD: direct drilling; P: Permanent pasture.

Al examinar las pérdidas anuales (Figura 3) se observó que en los 3 años de este estudio se mantuvo la misma tendencia; éstas siguieron el siguiente orden $LC > LV > SD > P$. Las mayores pérdidas ocurrieron el año 1995. Esto indica que cuando existen las condiciones para que ocurra un mayor escurrimiento superficial, las pérdidas de suelo son mayores en LC respecto a los otros sistemas de labranza. Las cifras promedio para los tres años que aparecen en la Figura 3 indican que para LC alcanzó a $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, esto es 4 ó 5 veces mayor que LV y SD. El valor de 20 t ha^{-1} en términos absolutos es alto, sin embargo, al comparar estos datos con cifras internacionales de pérdidas de suelo por erosión no se considera en categorías altas (Wischmeier y Smith, 1978), lo cual no significa que no sea necesario tomar las medidas correspondientes para su control. Tal como lo ilustran los resultados, tanto SD como LV constituyen métodos efectivos para reducir significativamente las pérdidas por erosión en cultivos, mientras que las praderas constituyen un sistema de uso de suelo notoriamente más conservacionista.

En la Figura 4 se presenta la relación observada entre pérdidas de suelo y escurrimiento superficial para cada sistema de labranza.

En el caso LC se encontró un buen ajuste para una ecuación polinomial en donde las variaciones en las pérdidas de suelo fueron explicadas en un 69% por las variaciones en el escurrimiento superficial. La forma de esta relación indica que a medida que aumenta el escurrimiento las pérdidas se incrementan hasta un cierto punto, y luego descienden aun cuando exista mayor escurrimiento. Esto se puede explicar por dos razones: una es que al inicio existe una fracción de suelo más susceptible a erosionarse, el cual tiene una estructura disgregada por lo cual está disponible y se pierde en los primeros eventos de lluvia, luego va quedando menos suelo "disponible para pérdidas"; la otra razón es debida a un efecto de la época del año, ya que a medida que el cultivo crece aumenta la cobertura de suelo, y por lo tanto puede ser que los mayores eventos de escurrimiento hayan coincidido con aquel período de un mayor desarrollo de cultivo.

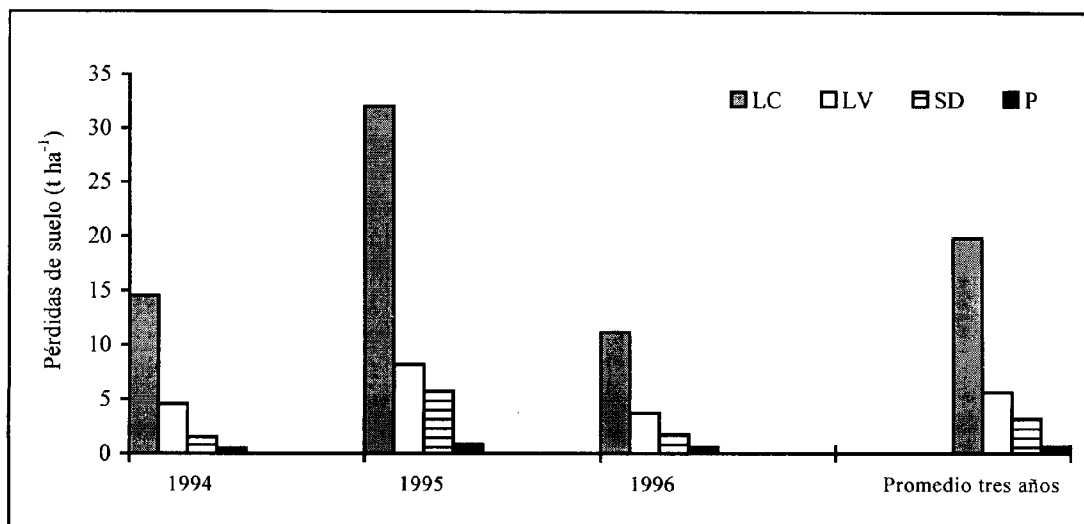


Figura 3. Pérdidas anuales de suelo en los sistemas de labranza.

LC: Labranza Convencional; LV: Labranza Vertical; SD: Siembra Directa; P: Pradera natural.

Figure 3. Annual soil losses with the three tillage systems.

LC: conventional tillage; LV: vertical plowing; SD: direct drilling; P: Permanent pasture.

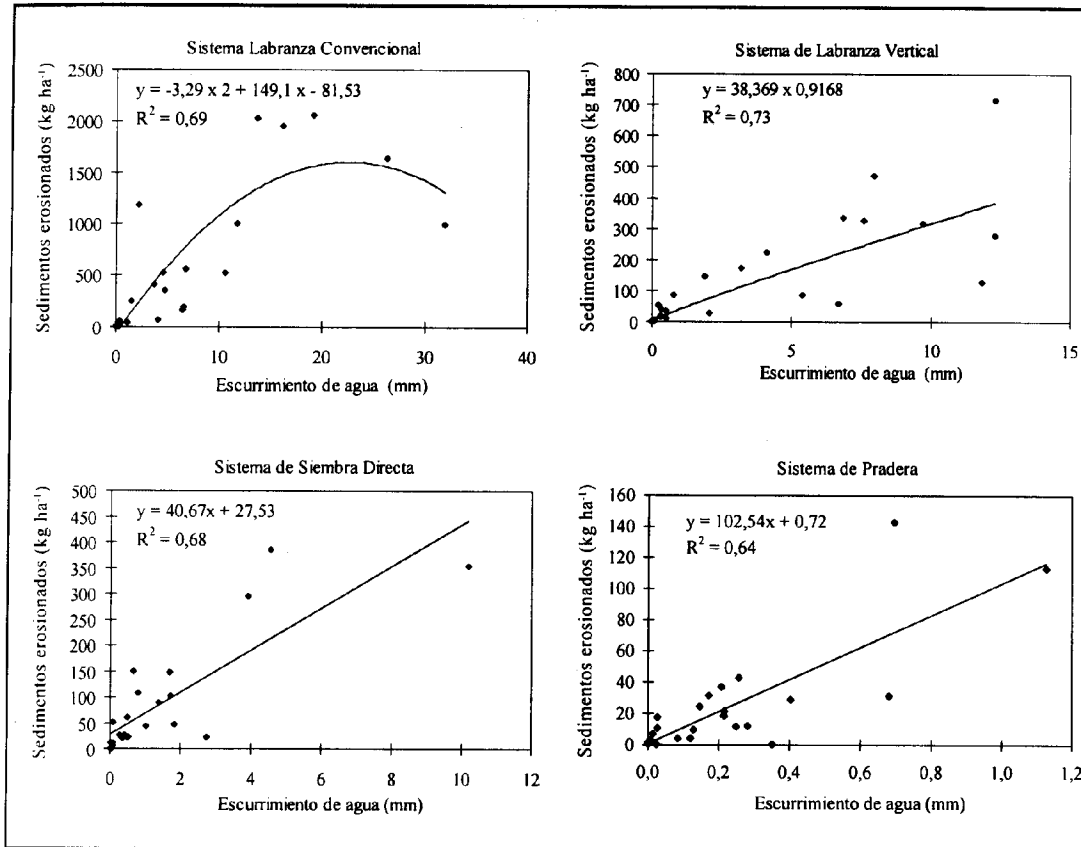


Figura 4. Relación entre escurrimiento superficial y pérdida de suelo en diferentes sistemas de laboreo.
Figure 4. Relation between surface runoff and soil losses with the different tillage systems.

En los sistemas LV, SD y praderas, donde la magnitud de las pérdidas es significativamente menor a LC, se encontró también una buena asociación, en este caso lineal, entre pérdidas de suelo y escurrimiento. En praderas el escurrimiento explicó el 64% de las variaciones en las escasas pérdidas de suelo observadas, en una relación de tipo lineal. De igual forma en LV y DS, se encontró una relación lineal con un $R^2 = 0,59$ y de $R^2 = 0,68$, respectivamente.

Pérdidas de Materia Orgánica y Nitrógeno

En los Cuadros 3 y 4 se presentan las pérdidas de materia orgánica (MO) y N total contenidos en los sedimentos erosionados, respectivamente.

Los valores de MO son más altos respecto a otros suelos agrícolas del país y reflejan el período de transformación relativamente corto desde uso forestal a uso agrícola. Los porcentajes de MO en los sedimentos de los tres sistemas de laboreo fluctuaron entre 14,6 y 16,5% en los tres años de mediciones, valores significativamente más altos que en praderas. Esto se explica por el hecho que los sedimentos provenientes de los sistemas de labranza contienen mayores cantidades de residuos vegetales que el sistema de praderas, donde el suelo no es sometido a ningún proceso de laboreo. Estos resultados ponen de relieve el hecho que cualquiera que sea el sistema de laboreo, el contenido de MO en los sedimentos es alto, y por lo tanto en sistemas

Cuadro 3. Variación del porcentaje y pérdidas de materia orgánica (kg ha⁻¹) en el sedimento erosionado en los cuatro sistemas de labranza

Table 3. Percentage and total organic matter losses (kg ha⁻¹) in the eroded sediment with the four soil tillage systems

Tratamiento	1994		1995		1996		Promedio tres años	
	% ¹	kg ha ⁻¹	% ¹	kg ha ⁻¹	% ¹	kg ha ⁻¹	% ¹	kg ha ⁻¹
LC	16,5	2402,4	14,3	4577,4	15,2	1699,4	15,3	2945,0
LV	16,2	740,3	15,1	1236,7	15,2	568,5	15,5	852,5
SD	14,8	224,9	15,1	877,3	14,6	255,5	14,8	448,4
P	12,9	60,6	12,4	102,9	13,9	86,2	13,0	83,2

¹Porcentaje de MO en el sedimento.

LC: labranza convencional; LV: labranza vertical; SD: siembra directa; P: pradera natural.

Cuadro 4. Variación del porcentaje y pérdidas de nitrógeno total en el sedimento erosionado en los distintos sistemas de labranza

Table 4. Percentage and total soil nitrogen losses in the eroded sediment with the different soil tillage systems

Tratamiento	1994		1995		Promedio total 2 años	
	% ¹	kg ha ⁻¹	% ¹	kg ha ⁻¹	% ¹	kg ha ⁻¹
LC	0,54	78,6	0,72	230,5	0,63	154,6
LV	0,64	29,2	0,64	52,4	0,64	40,8
SD	0,57	8,6	0,69	40,1	0,63	24,4
P	0,59	2,7	0,67	5,6	0,63	4,2

¹Porcentaje de N en el sedimento.

LC: labranza convencional; LV: labranza vertical; SD: siembra directa; P: pradera natural.

de laboreo, tal como LC, donde las pérdidas de sedimentos son acentuadas, tienen gran impacto en la mantención de la MO a través del tiempo. Esto queda demostrado al examinar las pérdidas de MO expresadas en kg ha⁻¹año⁻¹, donde en el sistema LC (2.831 kg ha⁻¹) son 6 veces mayor que en SD (458 kg ha⁻¹) y 30 veces mayor que en praderas (90 kg ha⁻¹).

En la Figura 5 se observa que existe una relación lineal entre las pérdidas de sedimentos y MO para cada sistema de labranza. A través de esta

ecuación se determina que las pérdidas varían en 0,14 kg MO kg⁻¹ de sedimentos en LC.

El porcentaje de N total (Cuadro 4) en los sedimentos erosionados fluctúa alrededor de 0,63% en los distintos sistemas de labranza. Al aplicar estos porcentajes a la cantidad de sedimentos erosionados, las pérdidas del N total son de 154,6 kg ha⁻¹ año⁻¹ en LC, disminuyendo significativamente en los sistemas de LV y SD, mientras que en P las pérdidas de N son mínimas.

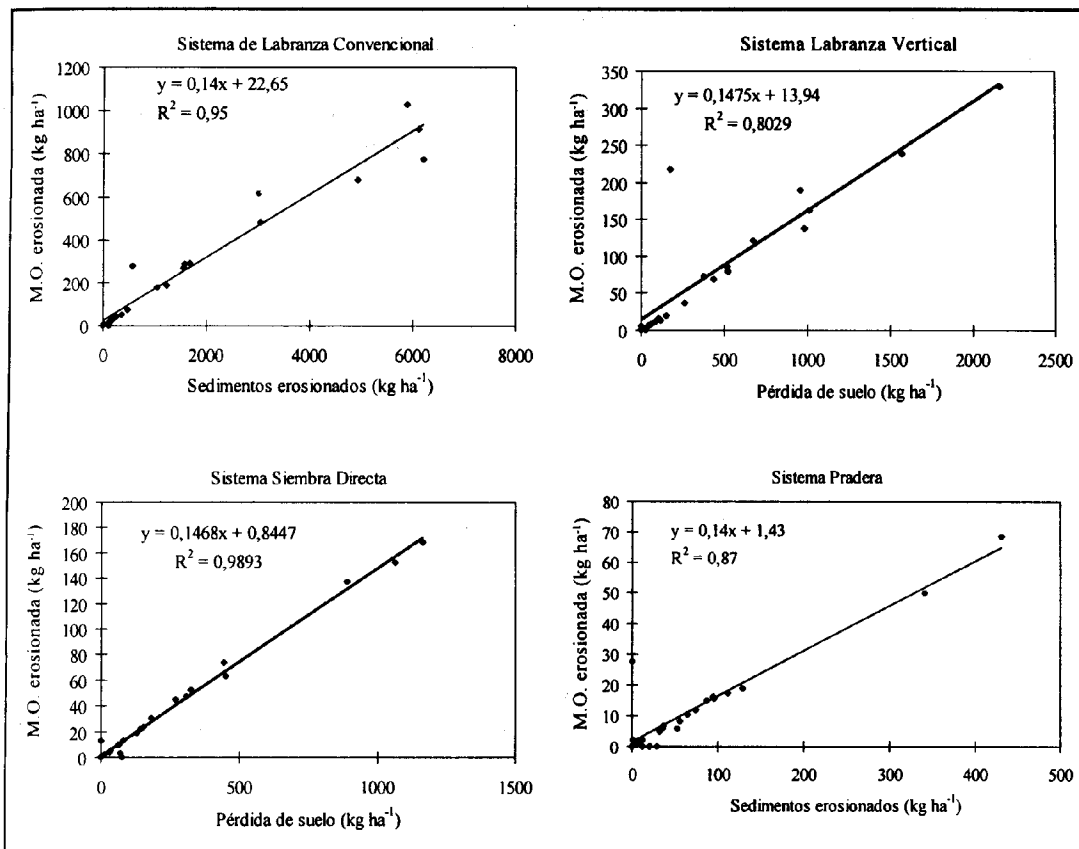


Figura 5. Relación entre sedimentos erosionados y pérdida de materia orgánica en los diferentes sistemas de laboreo. Figure 5. Relation between eroded sediments and lost organic matter with the different tillage system.

Rendimiento de grano de trigo y avena

Al evaluar el comportamiento del rendimiento de trigo y avena (Cuadro 5), se aprecia que consistentemente los mayores valores se obtienen cuando se emplea SD durante las tres temporadas, y que el menor corresponde a LV. La explicación podría estar relacionada con la mayor disponibilidad de agua en este tratamiento (SD), en la etapa de llenado de grano, en comparación con aquellos que alteran el horizonte superficial (Crovetto, 1992). También puede estar relacionado por la mayor pérdida del N aplicado en cobertura y que fue arrastrado en los sedimentos por el agua de lluvia escurrida.

Cuadro 5. Rendimiento de grano (t ha⁻¹) de trigo y avena en tres sistemas de preparación de suelo

Table 5. Wheat and oat grain yields (t ha⁻¹) with the three tillage systems

Tratamiento	Trigo	Avena	Trigo
	1994/95	1995/96	1996/97
LC	5,74 ab	4,95 ab	6,42 ab
LV	4,82 b	3,11 c	5,91 b
SD	6,49 a	4,71 b	6,71 a

Letras distintas representan diferencias significativas (P ≤ 0,05) según prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

LC: labranza convencional; LV: labranza vertical; SD: siembra directa.

La altura de planta de trigo y avena no presenta variación significativa entre los tratamientos. En trigo la altura de planta varió entre 86 cm y 90 cm; en avena estos valores fueron de 124 a 132 cm. El peso hectolitro de trigo y avena no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, fluctuando alrededor de 80 kg hectolitro⁻¹ y 48 kg hectolitro⁻¹, para trigo y avena, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Los suelos de la precordillera se ven afectados por erosión hídrica en los meses de junio, julio, y agosto, cuya magnitud es claramente modificada por el sistema de labranza de los suelos.
2. Con el sistema LC las pérdidas por erosión promedio de tres años fueron de 20 t ha⁻¹ año⁻¹, con mayor intensidad en el mes de julio, reflejando los mayores eventos de lluvia y escurrimiento superficial en una época con escasa cobertura vegetal.
3. Los sistemas LV y SD permiten reducir significativamente las pérdidas por erosión en una magnitud 4 a 5 veces menor que el sistema convencional.
4. Asociados a la erosión existen pérdidas importantes de MO que alcanzan a 2.945 kg ha⁻¹ año⁻¹ en LC y significativamente menores en LV, SD y P. De igual forma, las pérdidas de N en los sedimentos erosionados son del siguiente orden 154,6; 40,8; 24,4 y 4,2 kg ha⁻¹ año⁻¹, para LC, LV, SD y P, respectivamente.

RESUMEN

Se realizó un estudio durante tres temporadas agrícolas (1994 a 1996) en un suelo de origen volcánico reciente (Dystrandeps) de la precordillera andina en la localidad de San Pedro (Lat. 37° 47'S; Long. 72° 01'0) provincia de Ñuble, área centro-sur de Chile, con el objetivo de cuantificar las pérdidas de suelo asociadas al empleo de diferentes tipos de labranza del suelo. Se realizaron cuatro tratamientos de manejo del suelo: labranza convencional (LC), labranza vertical (LV), siembra directa (SD) y pradera natural (P), con tres repeticiones y en un arreglo de bloques completos al azar. Los resultados obtenidos en cada una de las temporadas indican que las mayores pérdidas anuales de suelo están asociadas al empleo de LC con un valor de 20 t ha⁻¹ año⁻¹ y disminuyen 4 a 5 veces con LV y SD. Las pérdidas de suelo se asocian al escurrimiento

del agua de lluvia en las diferentes condiciones del suelo como consecuencia de los sistemas de labranza. El mayor escurrimiento corresponde a los meses de junio, julio y agosto en los cuales el suelo está saturado. Después de agosto la cubierta vegetal proporcionada por el trigo disminuye la energía de las gotas de lluvia aumentando la infiltración y disminuyendo el escurrimiento de sedimentos por la ladera. Asociado al escurrimiento de sedimentos existe una pérdida de materia orgánica que en LC es de 2.381 kg ha⁻¹ año⁻¹, seis veces superior a los demás tratamientos. El nitrógeno total disminuye en 154,6 kg ha⁻¹ año⁻¹ en LC, obteniéndose escasas pérdidas con el empleo de métodos de conservación.

Palabras claves: erosión de suelo, sistemas de labranza, rotación de cultivos.

LITERATURA CITADA

- BAKER, J. L. AND LAFLÉN, J. M. 1983. Water quality consequences of conservation tillage. *Journal of Soil & Water Conservation* 38(3): 186-93.
- BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. 1985. Conservação do solo. Piracicaba. Brasil. Livrocere. 392 p.
- CIREN CORFO. 1989. Descripción de suelos y materiales y símbolos. Estudio agrológico del área del proyecto Laja-Diguillín. Santiago, Chile. Publicación CIREN N° 80. 166 p.
- CROVETTO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 301 p.
- DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N. E KÖPKE, V. 1991. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Germany. 268 p.
- KAHNT, G. 1984. Laboreo sin arado. Argentina. Editorial Hemisferio Sur S.A. 142 p.
- LAGOS, M.; ESPINOZA, J. Y ORTIZ, R. 1994. Erosión de los suelos en Chile. *In: Erosión de Suelos en América Latina. Suelos y Agua. FAO. Santiago, Chile. p. 165-174.*
- NOVOA, R. Y DEL CANTO, P. 1988. Situación de manejo de suelos en Chile Central V a X Regiones. *In: Diálogo XXIV PROCISUR. Manejo y Conservación de Suelo. IICA. Montevideo, Uruguay. p. 21-39.*
- PEÑA, L. 1978. Control de la erosión mediante dos niveles de densidad de paja en un trumao de lomaje. *Agricultura Técnica (Chile)* 38: 49-53.
- PHILLIPS, R. E.; THOMAS, G. W. AND BLEVINS, R. L. 1991. No tillage research: research reports and previews. Lexington, Kentucky, USA. University of Kentucky. 151 p.
- STOCKING, M. A. 1985. Soil loss and productivity caused by erosion: an experimental design. FAO. Rome, Italy. Consultant's Working Paper N° 2. 33 p.
- TRACY, P. W.; WESTFALL, D.G.; ELLIOT, E. T.; PETERSON, G. A. AND COLE, C. V. 1990. Carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur mineralization in plow and no till cultivation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 457-461.
- WISCHMEIER, W. H. AND SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C., USA. Agriculture Handbook N° 537, 59 p.