



PROCISUR

DIALOGO XXIV

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

PROCISUR
A
1984

FE DE ERRATAS

Página 125

Labor de mezcla y desintegración

Línea 10: donde dice Figura 14, pág. 130 debe decir Figura 15 pág. 131.

Labor de rearreglo y emparejamiento de suelo

Línea 2: donde dice Figura 15, pág. 131 debe decir Figura 16 pág. 131.

Página 127

Línea 2: donde dice Figura 16 pág. 131 debe decir Figura 17 pág. 132.

Labor de movimiento de suelos

Línea 4: donde dice Figura 17 pág. 132 debe decir Figura 18 pág. 133 y Figura 19 pág. 134.

Página 132

Línea 7: donde dice Figura 18 debe decir Figura 19 pág. 134.

Página 134

Línea 1: donde dice Figura 19 debe decir Figura 20 pág. 135.

Línea 3: donde dice Figura 20 pág. 135 debe decir Figura 21 pág. 135.

Línea 4: donde dice Figura 21 pág. 135 debe decir Figura 22 pág. 136.

Línea 6: donde dice Figura 22 pág. 136 debe decir Figura 23 pág. 136.

Página 138

Labor de corte y estallamiento del suelo

Línea 10: donde dice Figura 28 pág. 139 debe decir Figura 29 pág. 140.

Línea 11: donde dice Figura 29 pág. 140 debe decir Figura 28 pág. 139.

Página 139

Figura 27 donde dice Multicultor FAMA-E-INIA debe decir Multicultor ICAT-INIA.

Página 140

Línea 3: donde dice Figura 30 y 31, pág. 141 debe decir Figura 30 pág. 141.

Línea 5: donde dice Figura 32, 33 pág. 142 y 34 pág. 143 debe decir Figura 31 pág. 141; Figura 32 y 33 pág. 142.

Línea 6: donde dice Figura 35 pág. 143 debe decir Figura 34 pág. 143.

Línea 10: donde dice Figura 36 pág. 143 debe decir Figura 35 pág. 143.

Línea 12: donde dice Figura 37, pág. 144 debe decir Figura 36 pág. 143.

Línea 15: donde dice Figura 38, pág. 144 debe decir Figura 37 pág. 144.

Página 145

Línea 1: donde dice Figura 39 debe decir Figura 38 pág. 144

Línea 3: donde dice Figura 40 pág. 146 debe decir Figura 39 pág. 145.

Página 146

Línea 2: donde dice Figuras 41 y 42 pág. 147 debe decir Figura 40 pág. 146 y Figura 41 pág. 147.

Línea 11: al final debe decir Figura 42 pág. 147.

**PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL CONO SUR
IICA/BID/PROCISUR
(ATN/TF – 2434 - RE)**

DIALOGO XXIV

**REUNION SOBRE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS
(Santiago, Chile) - 11 al 15 de Mayo de 1987**

Dr. Juan P. Puignau, Editor

**IICA
Montevideo, Uruguay
Setiembre de 1988**

3/ ~~0035~~

00001880

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
Convenio IICA/BID/PROCISUR, Montevideo, Uruguay
Diálogo XXIV. Manejo y Conservación de Suelos; Juan P. Puignau,
ed. 150 p.
1) Suelos. 2) Manejo. 3) Conservación

ISBN 92 - 9039 - 144 - 8

CDD 631.45

P R E S E N T A C I O N

En la relación Hombre-Naturaleza, que no deja de ser una expresión a nivel amplio de la relación sujeto y objeto, característica del conocimiento, hay todo un contenido dialéctico que debe ser tomado en cuenta.

Por un lado el hombre tiene que aprovechar las posibilidades que la naturaleza le ofrece para obtener ciertos bienes indispensables a su propia sobrevivencia y desarrollo de la sociedad y cultura a las cuales está vinculado. Por otro, esta acción que de cierta forma le lleva a actuar sobre su medio, debe ser realizada de forma de preservar las potencialidades y posibilidades que la naturaleza ofrece.

La renuncia y la pasividad son el camino fácil para la preservación. Sin embargo, significaría fallar con el compromiso con la propia preservación de la especie humana. Agredir el medio representa deteriorar los recursos y por ende arriesgar la preservación de las generaciones futuras.

Es justamente, en consecuencia de un actuar compatible con el enfoque adecuado de la relación dialéctica hombre y naturaleza, que en el PROCISUR, se viene dando una atención prioritaria a actividades relacionadas con la Conservación de los Recursos Naturales, en general, y la conservación de los suelos en particular.

Ha sido en este contexto y según la perspectiva antes señalada que se realizó la Reunión sobre Manejo y Conservación de Suelos y, ahora, se divulga este nuevo Diálogo, con los magníficos trabajos presentados en aquella reunión.

Edmundo Gastal
Director del PROCISUR

I N D I C E

—	Presentación, por E. Gastal	i
—	Índice	iii
—	Introducción, por J.P. Puignau	v
—	Conclusiones	1

INFORMES DE PAISES

—	Manejo de suelos y aguas en la región pampeana húmeda, por H.J. Marelli	5
—	Manejo del suelo en las zonas de producción de soja de Bolivia, por R. Angulo. . .	11
—	Situación de manejo de suelos en Chile Central V a X Regiones, por R. Novoa S.A. y P. del Canto	21
—	Manejo y conservación de suelos para el cultivo de soja en el Paraguay, por O. Guillen M.	41

ESTUDIO DE CASOS

—	Siembra directa de soja sobre trigo, por H.J. Marelli	47
—	Trabajos realizados en la subregión del Chaco Húmedo, por J. Balderrama	55
—	Oportunidad de la labranza y sus efectos, por M. Ibáñez Cifuentes	59
—	La cero labranza en siembras de trigo y su influencia en el medio edáfico en suelos erosionados de la cordillera de la costa de Chile Central, por C. Crovetto	65
—	Efecto de las lluvias invernales sobre el manejo del cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región de Chile, por E. Letelier A.	77
—	Demanda energética de algunas herramientas y sistemas de labranza, por E. Hetz H.	95
—	Selección y diseño de implementos de tiro animal en función de las propiedades físicas del suelo, por J. Riquelme S.	117
—	Lista de Participantes	149

INTRODUCCION

En esta publicación se vuelcan una serie de trabajos en el área de la conservación de los recursos naturales, fruto de la Reunión sobre Manejo y Conservación de Suelos realizada en Santiago de Chile del 11 al 15 de mayo de 1987.

El Ingeniero Geográfico Hugo Marelli de la Estación Experimental Marcos Juárez del INTA en Córdoba, Argentina, nos brinda un panorama sobre el manejo de suelos y aguas en la región Pampeana Húmeda haciendo referencia, entre otros aspectos, a: precipitaciones, balance hídrico, cultivos, rotación y tecnología para manejo de suelo y agua.

El "Manejo del suelo en las zonas de producción de soja de Bolivia", es abordado por el Ingeniero Agrónomo Rufo Angulo del CIAT de Santa Cruz, Bolivia, que realiza un detallado análisis de las distintas zonas sojeras de Bolivia. Describe en su trabajo los principales problemas del suelo para el cultivo de esta oleaginosa.

El manejo de suelos en Chile Central (Regiones V a X) es el punto principal del trabajo de los Ings. Agrs. del INIA, Rafael Novoa y Pedro del Canto. Se refieren a los sistemas de producción agrícolas de Chile Central y Sur, marcando los distintos manejos de suelos en las distintas zonas agroecológicas.

El Ing. Agr. Oscar Guillén del Instituto Agronómico Nacional del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay, presenta un trabajo sobre "Manejo y conservación de suelos para el cultivo de soja en el Paraguay".

En la sección Estudio de Casos, distintos técnicos participantes en la Reunión tratan temas de importancia vinculados al manejo y conservación de suelos.

Hugo Marelli, aporta valiosos datos de los ensayos realizados por la EEA Marcos Juárez en el tema "Siembra directa de soja sobre trigo". En el trabajo presenta las gráficas de los rendimientos de soja y trigo y aporta datos sobre los distintos equipos empleados.

"Oportunidad de la labranza y sus efectos" es el título del trabajo del Ing. Agr. Mario Ibáñez Cifuentes, del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Concepción en Chile. El citado técnico expresa sus puntos de vista sobre el tema señalando que "el exceso de laboreo destruye la estructura del suelo, dejándolo propenso a la compactación y pérdida por concepto de erosión. La oportunidad con que se realiza las labores de preparación del suelo, es fundamental para conseguir características deseables en la cama de siembra a bajo costo, en un corto tiempo y con un mínimo laboreo del suelo".

El agricultor chileno Carlos Crovetto, se refiere a la Cero Labranza en siembras de trigo señalando la influencia que la misma tiene en el medio edáfico en suelos erosionados de la Cordillera de la costa de Chile Central. Entre las conclusiones a las que llega el mencionado agricultor se pueden citar, entre otras, las siguientes:

- 1) **Disminución de la erosión hídrica y mejoramiento de las cualidades físicas del suelo.**
- 2) **Mayor cantidad de nutrientes disponibles, especialmente fósforo.**
- 3) **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.**

La influencia de las lluvias invernales sobre el manejo del cultivo de trigo en el secano costero de la VI Región de Chile, es el tema del trabajo presentado en la Reunión por el Ing. Agr. Elías Letelier, de la Estación Experimental La Platina del INIA. En su revisión, el técnico chileno establece conclusiones sobre los siguientes temas: erosión hídrica, nitrógeno, prácticas culturales y enfermedades.

El Ing. Agr. Edmundo Hetz del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, Chillán, Chile se refiere al tema "Demanda energética de algunas herramientas y sistemas de labranza".

En el trabajo analiza, principalmente, las operaciones tractorizadas de aradura, cincelado y subsolado para establecer las demandas máximas de potencia y todos aquellos factores que la afectan.

Con profusa ilustración de figuras y fotos el Ing. Agr. Jorge Riquelme aborda el tema "Selección y diseño de implementos de tiro animal en función de las propiedades físicas del suelo".

El mencionado técnico es investigador en la Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile y aporta en su trabajo una serie de pautas para poder lograr una adecuada selección y diseño de implementos de tiro animal.

Hemos hecho un esfuerzo editorial para poder brindar en este DIALOGO una serie de fotos muy interesantes que el Ing. Agr. Jorge Riquelme ha incluido en su trabajo, aportando así mayores elementos de juicio a los interesados en el tema.

Consideramos que esta nueva entrega de la Serie DIALOGO es un aporte valioso en una temática tan trascendente como es el manejo y conservación de suelos.

Juan P. Puignau
Editor

CONCLUSIONES DE LA REUNION SOBRE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

- 1. La conservación de los Recursos Naturales, en general, y la conservación de los suelos, en particular, es un problema que afecta a todos los países del cono sur.**
- 2. Debe promoverse la investigación y el uso de técnicas conservacionales de Manejo de Suelos. En lo posible, diseñar o usar técnicas que no sólo conserven sino también promuevan la construcción de suelo.**
- 3. El Manejo de Suelos que se hace actualmente en el cono sur presenta 2 problemas principales:**
 - Un exceso de laboreo. Esto acarrea compactación, pérdida de estructura, planchado del suelo, problemas de emergencia y costos innecesarios.**
 - Produce erosión. Esta provoca pérdida de suelo y de productividad de dunas, de embancamiento, de navegabilidad, de vida acuática, etc.**
- 4. No hay solución única a los problemas del Manejo de Suelos.**
- 5. La siembra directa o cero labranza, aparece como una solución práctica para evitar la erosión y exceso de laboreo.**

Sin embargo, es una técnica que no está madura para su aplicación en todas las circunstancias y países.
- 6. Se debe revisar los conceptos clásicos de capacidad de uso, cama de semillas, profundidad de labor, etc. ya que ellos son modificados por la siembra directa.**
- 7. Los estudios de Sistemas de Manejo de Suelos deben ser planeados a largo plazo, 5 años o más, para lograr discernir diferencias en propiedades físicas y biológicas producidas por esos sistemas.**
- 8. La investigación en Manejo de Suelos ha recibido poco apoyo en los diversos países a pesar de lo fundamental que es para la producción agrícola.**
- 9. Es necesario promover la difusión de la importancia del Manejo y Conservación de Suelos.**
- 10. Estudiar la estrategia de investigación de suelos seguida por Brasil para su eventual aplicación en otros países.**

RECOMENDACIONES DE LA REUNION SOBRE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

- 1. Legislar y normalizar en forma adecuada el uso del suelo tal como existe para la construcción, la forestación, etc.**
- 2. Invitar a reuniones organizadas por PROCISUR a Técnicos y Agricultores de alto nivel que no pertenecen a las Instituciones participantes en el Programa.**
- 3. Dar oportunidad, vía PROCISUR, a reuniones de especialistas de disciplinas que trascienden los temas abordados en la Reunión.**

INFORMES DE PAISES

MANEJO DE SUELOS Y AGUAS EN LA REGION PAMPEANA HUMEDA

por Hugo J. Marelli *

Características generales

La pampa húmeda es una pradera con relitos de estepa herbácea. La superficie se inclina suavemente desde Córdoba hacia la costa atlántica.

Además de las fallas antiguas del Río Uruguay y del Río Paraná, se notan los resultados de movimientos tectónicos postpampeanos de gran extensión pero de pequeña entidad. Casi paralela a la falla de Paraná puede visualizarse netamente el recorrido de una tercera, que se extiende desde Mar Chiquita hacia el Sur.

Pampa Ondulada

Desde el borde del sistema Paraná-Plata hasta la divisoria de las aguas del Río Salado al Sur y desde el Río Carcarañá hasta el Riachuelo se desarrolla la Pampa Ondulada. Se trata de un sector que ha sufrido un levantamiento después de haber sido depositada la formación pampeana. Ese levantamiento (Movimiento epirogénito positivo) no tuvo lugar en masa sino que ocurrió en algunos sitios que han adquirido la apariencia de colinas o lomas.

Todos los ríos de la zona, incluso el Paraná, muestran barrancas a pique cortadas en el loess y en los limos, por la reactivación de la energía fluvial en busca de su nuevo nivel de base.

En ella, encontramos las lomadas que actúan como divisorias de aguas (2 por ciento de pendiente); extensas lomas de pendientes suaves (0,5 a 1 por ciento); sectores planos-bajos y cañadas.

Suelos

La mayoría de estos suelos se formaron a partir del loess pampeano. Son de textura franco-limosa y ricos en elementos nutritivos.

Son suelos profundos, con más de dos metros de desarrollo sin capas limitantes. Presentan un horizonte B_{2t} fuertemente textural con más del 35 por ciento de arcilla.

La susceptibilidad de estos suelos a la erosión hídrica está relacionada con el deterioro de la estructura, baja materia orgánica, escasa retención superficial y pobre infiltración debido al planchado y/o encostramiento superficial.

* *Ingeniero Geográfico, Estación Experimental Marcos Juárez, del INTA . Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.*

Dentro de los factores que afectan el proceso erosivo podemos mencionar:

- 1) **Topografía:** pendientes de escasa magnitud (0,5 a 3 por ciento) pero largas y uniformes.
- 2) **Capas endurecidas:** limitan la permeabilidad del suelo.
- 3) **Excesiva labranza:** numerosas labores de remoción de suelo. Escasa o nula rotación con pasturas y prácticas de labranza conservacionista.
- 4) **Niveles bajos de M.O. (< 3 por ciento):** Esta situación favorece el planchado y encostramiento con lluvias no muy intensas.
- 5) **Capas endurecidas:** Densificación natural y/o provocada por el paso de herramientas (piso de arado).
- 6) **Drenaje deficiente:** se presenta especialmente en suelos que ocupan planicies deprimidas.
- 7) **Suelos salinos-alcalinos:** se presentan en las nacientes de cauces, pie de pendientes y áreas de inundación.

Precipitaciones

Las precipitaciones medias anuales (1921-55) varían entre 1000 mm en el este hasta 800 mm en el oeste.

Las lluvias de invierno son las de menor magnitud. Estas son importantes para la siembra de los cultivos invernales (trigo).

Las lluvias de primavera están comprendidas entre 175 a 300 mm, su iniciación influye en forma importante en los rendimientos de los cultivos de invierno.

Las precipitaciones de verano determinan en gran medida los rendimientos de los cultivos principalmente maíz y soja.

Las lluvias de otoño se distribuyen en forma similar a las de invierno, sirven para recargar las reservas hídricas del suelo.

Potencialidad erosiva de las lluvias

La energía cinética de una lluvia por su intensidad máxima en 30 minutos determina el poder erosivo de la misma. Considerando las erosividades anuales se obtiene el factor "R" mensual o anual. Su distribución mensual indica una concentración de los mayores valores entre los meses de octubre a abril.

Balance Hídrico

Considerando el balance entre las precipitaciones y la evapotranspiración potencial, tenemos la existencia de déficits de agua en verano. Esto puede afectar los cultivos de maíz y soja. Así tenemos un déficit anual de 180 mm para Marcos Juárez, 83 mm para Pergamino, 90 mm para Casilda, etc.

Temperatura

Esta subzona se encuentra dentro de un clima templado, con temperaturas que oscilan entre 10 y 12^o C en invierno y entre 23 y 25 ^oC en verano. Tanto las heladas como las temperaturas máximas de verano, no afectan seriamente a los cultivos.

Cultivos

En esta superficie se cultivan principalmente maíz, trigo y soja. En esta última debemos diferenciar soja de 1^o (un cultivo por año) y soja de 2^o (después de trigo) (dos cultivos en un año).

Los rendimientos medios de estos cultivos son:

Maíz.....	4000 kg/ha
Trigo.....	2000 kg/ha
Soja 1 ^o	2400 kg/ha
Soja 2 ^o	1900 kg/ha

Se puede percibir que no existen muchas variaciones en el nivel tecnológico que se utiliza en el área para cada cultivo mencionado. Es un factor común para la implantación de todos ellos la excesiva labranza del suelo.

El arado de reja es la herramienta básica para la roturación, reemplazado, en ocasiones, por el arado cincel. Las herramientas de discos y más recientemente los cultivadores se emplean para preparar la cama de siembra e incorporar herbicidas. Estas labores son las que contribuyen a la pulverización del suelo, conjuntamente con el uso de rastra de dientes, rolo y rabasto.

Rotación

La rotación con pasturas es escasa o nula y la secuencia de los cultivos antes mencionados, se alterna modificando su participación de acuerdo a expectativas climáticas o de mercado. No obstante, podemos decir, que hacia el oeste el antecesor del trigo es el maíz y en el este la soja. Asimismo en el oeste hay una mayor proporción de soja de primera que de segunda, esto es inverso en el este de la subzona.

Degradación física del suelo

El planchado y encostramiento del suelo es el primer problema derivado del intenso uso del mismo. A esta situación debemos agregar la baja estabilidad estructural que, conjuntamente con el planchado, afecta a los cultivos de diversa manera.

El encostramiento superficial afecta directamente la infiltración, el intercambio gaseoso y la emergencia de las plántulas. Cuando se produce antes de la siembra, se hace necesario volver a preparar la sementera; cuando el encostramiento se produce después de la siembra se hace necesario el uso de rastras rotativas para favorecer la emergencia. Ambas situaciones implican una remoción extra del suelo.

A los suelos afectados por erosión hídrica que han perdido parte o todo el horizonte superficial debe asignársele una importancia básica, los mismos son consecuencia de la excesiva labranza, situación topográfica, lluvias intensas y falta de prácticas conservacionistas. Este problema es típico principalmente en las Cuencas de los Ríos Carcarañá y Arrecifes.

Determinaciones realizadas en la Cuenca del Río Carcarañá del espesor del horizonte A muestran que entre 1957 y 1985 se perdieron en promedio 5,5 cm, lo que representaría una pérdida de aproximadamente 26 tn/ha/año de suelo.

Tecnología para Manejo de Suelo y Agua

Podemos decir que esta subzona es la región agrícola del país con mayor tradición y grado de tecnificación en comparación con otras regiones. En los últimos 35 años, período en el que se desarrollaron un número muy importante de acontecimientos tecnológicos, se adoptaron un importante número de ellos. Así podemos señalar híbridos y variedades, uso de biocidas específicos, amplia variación de maquinaria agrícola (últimos 10 años), desarrollo de sistemas de labranza conservacionista, etc.

La adopción de ciertas secuencias de cultivos agrícolas que son favorables tanto para la producción como para la conservación del suelo, no se utilizan con la frecuencia que la degradación y erosión del suelo lo indican.

Es muy común, en cambio, la secuencia del doble cultivo trigo/soja que ha aumentado la problemática agrícola en la zona especialmente a partir de la década del 70.

La secuencia de tres cultivos en dos años (trigo-soja/maíz) es una buena alternativa, que permite mediante labranzas apropiadas, un mejor uso del rastrojo.

Las técnicas de labranza conservacionista que comienzan a difundirse presentan varias alternativas. La labranza reducida o mínima implica el uso de la rastra doble de discos para preparar la cama de siembra. Su utilización se recomienda para hacer soja/trigo. Labranza bajo cubierta consiste en reemplazar el arado de reja por el arado de cincel para la roturación profunda del suelo, esta labor es seguida por la preparación de la cama de siembra por rastra doble de disco o cultivador.

Con relación a estos dos sistemas de labranzas, cabe consignar que, el empleo de la rastra doble de discos no es por si mismo sinónimo de labranza conservacionista, pues el uso repetido de esta herramienta pulveriza también el suelo y lo predispone al planchado y erosión. El logro de una buena cama de siembra, dejando la mayor cantidad de rastrojo posible en superficie, es sinónimo de labranza conservacionista. Estos sistemas de labranza conservacionista se completan con sembradoras apropiadas que permiten realizar la operación de siembra, sin atorarse, con el rastrojo en superficie. En el mercado, están disponibles diversos modelos de sembradoras para esta función.

El sistema de siembra directa que permite la implantación del cultivo sin ninguna preparación previa del suelo, se considera una alternativa importante, especialmente en el doble cultivo trigo/soja. Datos experimentales obtenidos con simulador de lluvia en la Estación Experimental Marcos Juárez, corroboraron su efectividad para la reducción de las pérdidas de suelo y agua.

Las prácticas clásicas en conservación de suelo, como ser, cultivos en contorno, terrazas, desagües, completan el cuadro de técnicas disponibles para evitar la degradación y erosión del suelo.

Si bien la difusión y adopción de estas técnicas clásicas es lenta, existen ejemplos concretos en áreas típicamente afectadas por erosión hídrica. (Cuenca del Río Carcarañá y Arrecifes).

MANEJO DEL SUELO EN LAS ZONAS DE PRODUCCION DE SOJA DE BOLIVIA

por Rufo Angulo *

Zonas de producción de soja y grupos que la cultivan

El cultivo de la soja se practica en cuatro zonas del oriente boliviano, tales como el Area Integrada, Abapó-Izozog y Charagua - Camiri en el departamento de Santa Cruz, la cuarta zona es Villamontes-Yacuiba al sur del país (Tarija).

Los diferentes grupos de agricultores que cultivan la soja usan sistemas culturales diferentes, generalmente, es producida por medianos o grandes agricultores que están mecanizados. Sin embargo, existen pequeños agricultores que actualmente producen una pequeña parte de la producción total. Se considera que la soja no es, necesariamente, un cultivo para medianos y grandes productores solamente (Thiele, 1985).

- En el Area Integrada de Santa Cruz, la soja es cultivada en las Colonias Japonesas de Okinawa 1, 2 y 3, además de San Juan de Yapacaní donde se cultiva sólo en invierno. También en las Colonias Menonitas ubicadas en la zona Sud del Area y al este del Río Grande que es una nueva zona agrícola de buen potencial. Los menonitas son el grupo más importante que utilizan tractores para la mayoría de sus tareas. En 1983-84 los menonitas sembraron casi el 70 por ciento de la superficie total, manteniendo su posición como los productores más importantes de soja.
- Los productores nacionales disminuyeron, aparentemente, el cultivo del 40 por ciento de la superficie total en 1980-81 hasta el 20 por ciento en 1983-84, operándose un mayor incremento en la superficie por parte de los menonitas.

La soja es un cultivo de verano, pero dado el clima de Santa Cruz, es posible sembrarla en invierno, las plantas no son tan altas y los rendimientos son menores. La mayoría de la producción de soja de invierno es para semilla, debido a que hay problemas si se almacena por mucho tiempo.

- En Charagua Camiri la producción de soja la realizan productores pequeños, a pesar de que la soja es una cosecha que generalmente necesita maquinaria para su producción rentable. Pero la solución adoptada por CIPCA, que trabaja con los campesinos, es fomentar su cultivo por grupos colectivos llamados comunidades de trabajo (CDTs). Grupos de 4-7 CDTs forman una central que administran el servicio de un maquinaria mediana (65 y 75 caballos).

* Ingeniero Agrónomo. CIAT, Casilla 247, Santa Cruz, Bolivia.

- En Villamontes la mayoría de los productores tienen 5 o 10 ha, aunque algunos tienen hasta 20 ha. Sin embargo, el tamaño de sus parcelas está por debajo de los grandes productores del Area Integrada y un poco por encima de las fincas chicas de Camiri. (Thiele, 1985).

Sistemas de cultivo de soja

Los menonitas y japoneses cultivan soja como parte de una rotación con arroz, maíz y trigo, sus parcelas son más grandes y recogen el producto con cosechadora. Los menonitas deshieren con tractor entre los surcos, que están más separados (0,74 cm.) y con la mano dentro de los surcos. Así evitan la compra de cantidades grandes de herbicidas. Los japoneses, por el contrario, no dejan mucho espacio entre los surcos (0,35 cm.) para no dar oportunidad a la maleza. Ellos utilizan herbicida para controlar las malezas.

En Charagua-Camiri en cambio, el trabajo es combinado, manual en las labores culturales y mecanizado en la preparación del suelo y la trilla (Leslie, 1983). En Villamontes el sistema de producción es más mecanizado, y usan herbicidas. Según OPAGRO el rendimiento promedio para esta zona es 1,5 t/ha.

Superficie y producción de soja

Según las estimaciones de ANAPO desde 1970 hasta 1981 hubo un aumento cada año tanto en la superficie como en la producción de soja. En cambio, en los cuatro años siguientes hasta 1985, las superficies han sido casi constantes con 44.360 ha. en promedio y en el período 1985-86 hubo un incremento en superficie del 69 por ciento y en rendimiento del 84 por ciento en relación al año anterior. Esto fue posible, porque se aunaron varios factores. Por un lado, el rendimiento promedio en el Area Integrada de Santa Cruz fue superior (2,1 t/ha) y por otro una cantidad considerable de la producción de soja de invierno, que era destinada para semilla, fue vendida a la industria.

La superficie cultivada en invierno fue de 6.136 ha con una producción de 12.886 t.

Características de las tierras sojeras

Estas tierras están ubicadas en la unidad geográfica denominada Llanuras Chaco-Benianas en la parte central del oriente boliviano, entre el Sudandino y el Escudo Brasileño. Su origen es fluviolacustrino, donde se intercalan llanuras aluviales antiguas, subrecientes, recientes y de inundación. Muchos sectores han sido muy afectados por los sedimentos de origen eólico, formando verdaderas llanuras eólicas o aluvio-eólicas.

Sector Norte

En él se puede encontrar la mayor extensión de tierras aptas para uso agrícola. Presentan diversidad de suelos y, ocasionalmente, mucha influencia eólica. La topografía es casi plana y

las mayores limitaciones están dadas por la alta susceptibilidad al encharcamiento o inundaciones frecuentes (factor adverso para el desarrollo radicular) deficiencia en ciertos macro y micro nutrientes y en algunos suelos, la alta susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica (Guaman, 1982).

Las tierras para agricultura de secano del Area Integrada de Santa Cruz y particularmente en zonas sojeras como Okinawa con 1000-1100 mm de lluvia, presentan, entre las tierras aptas, las siguientes subclases:

- II_s** Suelo mediano y moderado liviano de pH 6,2-7,6 sobre subsuelo moderado pesado, el 60 por ciento pueden ser bajos en N y P, son de fertilidad moderada.
- II_w** Suelo moderado pesado pH 6,8. Son bajos en N y ocasionalmente en P. Presentan ligera limitación por exceso de humedad o inundación ocasional. Ambos suelos incluyen principalmente inceptisoles y también entisoles.
- III_{es}** Suelo moderado liviano y mediano de pH 5,3-6,9 con subsuelo mediano y moderado pesado. Son bajos en N y P, susceptibles a la erosión eólica. Incluyen alfisoles e inceptisoles.
- IV_s** Suelo liviano de pH 5,2-8,3 con horizonte intermedio arcilloso. Bajo en N, P, K y Ca, topografía irregular y dificultad en el drenaje interno. Otras subclases IV₂ y IV_{es} con suelos moderado pesados, bajos en N y P. Susceptibles a inundación frecuente y limitada por la erosión hídrica y por frecuentes inundaciones. Tienen una mezcla de inceptisoles, entisoles y vertisoles.

En San Juan de Yapacani los suelos están formados por aluviones del río Yapacani y están influenciados por las altas precipitaciones (1800-2000 mm por año), donde las principales subclases son:

- II_{ws}** Suelo mediano y liviano de pH 4,5-6,4 sobre subsuelo mediano. Con frecuencia bajo en N, P y rara vez en K, en algunos casos el Al puede ser tóxico (inceptisoles y entisoles).
- III_s** Moderano liviano, medianos y moderado pesados de pH 5,5-7,1 sobre subsuelos moderado pesados. Son bajos en N, P y K, a veces Ca y Mg. Algunos con acumulación de Al. Algunos suelos son susceptibles a la erosión eólica e hídrica (III_{es}), otros son de textura mediana y pesada con drenaje deficiente, susceptible a inundación frecuente. Estos suelos incluyen inceptisoles principalmente y algunos vertisoles.
- IV_{ws}** Suelo mediano de pH 6,0-8,5 sobre subsuelo pesado. Bajo en P principalmente, susceptible a inundación frecuente. Tiene una mezcla de inceptisoles, entisoles y vertisoles (Hinojosa, 1981).

Sector Sud

Tiene una topografía casi plana con microrelieve ondulado resultado de diferentes fases de fuerte sedimentación en una vasta llanura aluvial. La vegetación es un monte bajo, espinoso,

xerófito, deciduo, una extensión considerable está influenciada por sedimentos de origen eólico o aluvio eólicos. Las mayores limitaciones son: el factor climático, principalmente por la baja precipitación pluvial, altas temperaturas, vientos fuertes que no permiten asegurar el éxito de ningún cultivo. Otras limitaciones son: la deficiencia en la distribución del oxígeno y humedad en la zona radicular, concentración de sales y alta susceptibilidad a la erosión eólica.

— Los suelos de Abapó Izozog tienen una altitud de 350-440 m, y en su mayoría son clasificados como aridisoles (por el hecho de que están secos por más de 6 meses entre 18 y 50 cm de profundidad). La textura de los principales suelos agrícolas varía, de franco, franco limoso y franco arcilloso limoso en la superficie. Se caracterizan por su alto contenido de limo que varía desde un 50 por ciento en la superficie hasta un 70 por ciento o más en la profundidad. Según la taxonomía incluyen Camborthird Móllico, Haplargid Mollico y Torripsament Típico (suelos eólicos). (Amurrio, 1978).

Principales problemas del suelo para los cultivos

El cultivo de la soja en el Area Integrada de Santa Cruz es mecanizado y las limitaciones, en parte son ocasionadas por los efectos en el suelo del sistema de cultivo empleado. Por otra parte estos suelos han sido cultivados en su mayoría por más de 15 años. Estos problemas se refieren:

- 1 — La compactación del suelo en la profundidad de 15-35 cm. (debido a muchas pasadas de maquinarias principalmente durante la preparación del suelo).
- 2 — Infiltración dificultosa a través del suelo, ocasionando encharcamiento.
- 3 — Control de malezas relacionado, de alguna manera, al número de pasadas de rastra.
- 4 — Alta susceptibilidad de algunos suelos a la erosión eólica.

El uso del implemento Rome plow (rastra pesada), se ha generalizado en la zona, por la rápida preparación del suelo y buen mullimiento, lo que determina un menor costo. Sin embargo, este implemento es el primer responsable de acentuar la compactación a partir de una menor profundidad.

En Abapó Izozog, según estudios realizados en la Estación Experimental Cnel. Armando Gómez, se ha identificado los siguientes problemas principales:

- 1 — Baja infiltración del agua en el suelo
- 2 — Desarrollo de una capa compacta en el suelo a la profundidad de 0,20 cm.
- 3 — Desarrollo superficial de raíces
- 4 — Encostramiento por lluvia o riego después de la siembra.

El problema principal es la infiltración, cuyas tasas bajan inmediatamente y continua disminuyendo con cada riego de auxilio. Este problema es más acentuado con el método de riego por melgas practicado en el cultivo de trigo. Una solución preliminar para superar el problema y aumentar los rendimientos en trigo, es realizar siembras en suelo seco y regar en camellones (CORGEPAI, 1979).

En Charagua-Camiri, si bien los problemas identificados por CIPCA no tienen relación estrecha con el suelo, son de mucha importancia para mejorar el cultivo de soja. Ellos son:

- 1) Las lluvias de Mayo y Junio hacen difícil la cosecha en algunos años, ocasionando la podredumbre del grano y un trillado deficiente, los rendimientos bajaron a 2,2 t/ha en Camiri y otros no pudieron cosechar debido a las lluvias. Para la solución de este problema sugieren adelantar las siembras (Noviembre a Diciembre).
- 2) Las distancias de un chaco a otro, aún en CDTs, pueden ser grandes y el tractor de la central debe cubrir distancias muy grandes (100 km) para trabajar. En tales casos los costos de traslado de tractores son altos.
- 3) También hay problemas con la fábrica de Villamontes, que constituye un monopolio en la compra de soja en la zona, pues su pago a los agricultores no es puntual (Thiele, 1985).

A pesar de los problemas técnicos e institucionales del cultivo en la zona los resultados indican que, la soja podría ser un cultivo rentable para los campesinos que usan sistema semimecanizado de producción.

Algunos avances de la investigación en problemas de suelos: Utilización de fertilizantes biológicos y químicos

En la Estación Experimental Agrícola de Saavedra, se estudió el efecto de tres inoculantes. Nitragin (USA), Nitrasoil (Argentina) y Nitrobiol (preparado en el laboratorio de CORGEPAI - Santa Cruz, con cepa proveniente del MIRCEN de Brasil), sobre las características agronómicas de cuatro variedades comerciales de soja UFV-1, Bassier Cristalina e IAC-8. El suelo fue franco arenoso con bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno (1,45 y 0,07 por ciento). Se concluyó que la inoculación incrementó un 53 por ciento del peso de la planta, 41 por ciento el contenido de nitrógeno y un promedio de 21,5 por ciento el rendimiento de las variedades de soja. No se encontraron diferencias marcadas entre los inoculantes para las características comparadas, pero las diferencias fueron muy claras con relación al testigo, siendo bajo en este último. (Valenzuela et. al., 1984).

En el invierno de 1984 fueron realizados experimentos de fijación simbiótica de nitrógeno, en Saavedra (EEAS) y la Colonia San Juan de Yapacani, para probar los incrementos en el rendimiento, utilizando tres dosis de inoculante Nitrobiol (250,500 y 750 g. inoc./50 kg semilla) en suelos franco arcillosos con 1,7 y 1,9 por ciento de materia orgánica respectivamente; además, son suelos con tradición de inoculación. Se encontró que tanto los pesos secos de nódulos como el follaje no muestran diferencias significativas. Pero, en el número de vainas y rendimiento de las variedades hay diferencias atribuidas a características varietales. Sólo en Yapacani, se observan diferencias a los niveles de inoculación (Borenstein y Valenzuela 1985).

En el mismo período agrícola, estos autores establecieron parcelas inoculadas de observación sobre campos comerciales, para estudiar el comportamiento en zonas sojeras del Norte de Santa Cruz. En Santa Rosa se inoculó la variedad IAC-8 que mostró incrementos del 69 por ciento en la nodulación, 40 por ciento en el peso seco de nódulos, 18 por ciento en el peso seco de planta y 16 por ciento en el rendimiento. En Okinawa-1 donde se inoculó la variedad cristalina, también hubo incrementos del 38 por ciento en peso seco de nódulos y 16 por ciento en el peso seco del cultivo inoculado, en comparación al campo no inoculado.

Se evaluó el efecto de tres niveles de fertilización fosfórica sobre la nodulación, fijación del N atmosférico y rendimiento de soja en Saavedra y Okinawa-1, con la soja variedad IAC-8 y en suelos de textura mediana con bajo contenido de P (5,4 y 5,2 ppm. respectivamente). Hubo una alta respuesta a la aplicación de P, para el rendimiento en Saavedra, en cambio las otras observaciones no registran significación estadística tanto para la fertilización con P, como para la inoculación.

Por el contrario en Okinawa, sólo hubo una significancia del 5 por ciento para inoculación en: número y peso seco de nódulos, así como en peso seco del follaje influidos por el inoculante ni fertilización fosfórica. Valenzuela y Candia, 1986).

En Abapó Izozog durante el verano 1976-77 se hizo la primera tentativa de ensayos de fertilización con N, P y K en soja, en un suelo de la Unidad Fisiográfica "Llanura aluvial antigua", pero sin obtener respuesta a los fertilizantes. En el siguiente período agrícola, nuevamente, se estudió el efecto de tres niveles de N y dos de P principalmente; además, una dosis de K fue adicionada a dos tratamientos con NP. Los resultados no fueron muy claros y se encontró una respuesta negativa al N, en cambio fue raro encontrar algún incremento en el rendimiento con 120 kg de P_2O_5 /ha, a pesar de los valores moderados de P en el tablón, sin embargo, este suelo es posible que sea un manchón con suficiente N. (CORGEPAI, 1977).

Se realizó un ensayo en el tablón, 9D1 de la Estación Experimental de Abapó Izozog, donde se estudió el uso de inoculantes, algunos con adición de molibdeno y cofernol. Por otra parte se usaron diferentes niveles de fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio 21 por ciento). Los resultados indican una alta respuesta de la inoculación sobre el rendimiento de la soja, variedad Pelícano, con un incremento en grano del 50 por ciento. No cabe duda sobre la ventaja de la práctica de la inoculación. Se observó también, una respuesta marcada al fertilizante nitrogenado; sin embargo, el costo del fertilizante hace discutible su uso frente al inoculante que tiene bajo costo y lo reemplaza ventajosamente. En la aplicación combinada de elementos menores más inoculante, se obtuvo mayor rendimiento con el molibdato de amonio, además, un mayor desarrollo de los nódulos. (CORGEPAI-1978).

Con el propósito de encontrar un nivel óptimo de inoculación y un sistema de aplicación del inoculante con mayor respuesta, fue realizado un ensayo utilizando las dosis 150,500 y 750 kg/ha de inoculante y los sistemas de inoculación a la semilla y otra directamente al surco. Los resultados mostraron respuestas significativas a la aplicación de inoculantes. El mayor incremento en el rendimiento se obtuvo con las dosis de 500 y 750 kg/ha. En cuanto a los sistemas de inoculación no presentaron mucha diferencia, sin embargo existe un pequeño incremento cuando es inoculado al surco. (CORGEPAI-1978).

Estudios sobre suelos compactados

En el período agrícola 1984-85, Díaz y Barber, iniciaron un estudio en el Area Integrada de Santa Cruz, con el propósito de conocer los efectos de la mecanización en las propiedades físicas de los suelos con énfasis en la compactación. Debido al área extensiva, la gran variabilidad de suelos y condiciones climáticas de Santa Cruz, se consideró como un proyecto de mediano plazo.

Al presente se han estudiado 11 sitios y 17 suelos comprendidos entre las localidades de Saavedra, San Juan de Yapacaní y la Loma.

Los resultados indicaron evidencias de compactación en los suelos que han sido cultivados con maquinaria agrícola por más de 15 años. En general el estado de compactación fluctuó desde 88 por ciento hasta 132 por ciento. Los suelos estudiados en Yapacaní presentan los valores más altos de estados de compactación (109-132) atribuibles al uso extensivo de maquinaria agrícola por los colonos y japoneses. En su mayoría, los suelos que no han sido mecanizados (barbechos) de Caimanes y Chane, tienen estado de compactación menor a 87 por ciento.

El suelo de monte en Saavedra, excepcionalmente, presenta un estado de compactación elevado, debido a su alto contenido de arcilla que le confiere una compactación natural.

En un suelo con problemas de compactación entre 15-28 de profundidad de las EEAS, Barboza y Díaz, estudiaron el efecto del subsolado y del disco pesado en el rendimiento del cultivo de la soja y las propiedades físicas del suelo. Encontraron que la altura de la soja se incrementó por efecto del arado de disco y subsolado, lo mismo aconteció con el desarrollo radicular de la planta. También los valores de la densidad aparente bajaron de 1,73 g/cc a 1,56 por efecto del disco, 1,64 g/cc por el subsolado y 1,55 g/cc por el subsolado más control de tráfico; en cambio el convencional mantuvo su valor inicial. La fuerza de resistencia del suelo, medida con penetrómetro, también indicó valores más altos para este tratamiento. Con la práctica del subsolado y arado de disco se ha logrado incrementar el rendimiento de la soja var. IAC-8 en el orden del 23 por ciento en relación a la práctica común del agricultor (preparado con Rome/plow).

En el período 1978/80 en la Estación Experimental de Abapó Izozog (CORGEPAI-1980), se realizó un estudio para determinar el consumo de agua en cultivo de soja, además probar el efecto de los métodos de siembra sobre "camellón húmedo" y suelo "plano húmedo" en el rendimiento de la soja. Se sembraron dos hileras, espaciadas en 18 cm, quedando entre cada par de hilera 54 cm. La variación de la humedad fue determinada por estratos de 30 cm hasta 120 cm, el riego fue aplicado cuando se llegaba al 30 por ciento de la humedad aprovechable del suelo. Los resultados indicaron que el método de siembra sobre camellón húmedo no parece tener un efecto positivo en el rendimiento.

El mayor consumo de agua se produce a partir del inicio de la floración (33 días de siembra) incrementándose el consumo durante la formación de vainas y el llenado de los mismos.

Se han ejecutado muchos trabajos buscando mejores formas de sembrar la soja. En 1978 se introdujo el método de siembra sobre "camellón seco" en principio con resultados positivos en

emergencia y rendimiento. Posteriormente se tuvieron problemas de germinación de plántulas ocasionados por el encostramiento que se presenta después del riego.

En otro intento en 1983, CORGEPAL, probó la siembra en suelo "plano húmedo" comparado con "camellón húmedo" a 70.90 y 100 cm de ancho. Como resultado se obtuvo un marcado efecto de la siembra de soja sobre camellón húmedo a 100 cm. con un incremento en rendimiento del 29 por ciento frente al testigo. Este incremento fue debido a la mayor producción de vainas por planta, sin embargo esta diferencia no alcanzó significancia estadística, tal vez debido a problemas de control de malezas en el cultivo.

Con este método se disminuyó mucho la compactación, favoreciéndose la formación de poros y mejorando la distribución de raíces. La siembra de soja en plano no fue recomendable.

Los estudios realizados para las diferentes zonas sojeras de Bolivia, respecto a los problemas de manejo de estos suelos son un tanto insuficientes para dar soluciones. Esta situación deberá comprometer mayores esfuerzos en el futuro tendientes a mejorar la conservación y la productividad de los suelos.

Literatura citada

1. AMURRIO, R. Estudio semidetallado de suelos. Proyecto de Desarrollo Agroindustrial Abapó Izozog. Est. Exp. Cnel. Armando Gómez . Santa Cruz Bolivia. 1978.
2. BORENSTEIN, E. y VALENZUELA, R. Dosis de inoculación en soja, en invierno con inoculante nitrobiol. Informe Anual 1985. CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
3. —————. Evaluación de la respuesta a la inoculación en equipos comerciales. Informe Anual 1985. CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
4. BARBOZA, L. y DIAZ, O. Efecto del subsolado y disco pesado en el rendimiento de soja y las características físicas del suelo. Informe Anual 1986 CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
5. CORGEPAL. Informe Anual. Estación Experimental Cnel. Armando Gómez. Abapó Izozog. Santa Cruz, Bolivia. 1977.
6. —————. Informe Anual 1978. Estación Experimental Cnel. Armando Gómez. Abapó Izozog. Santa Cruz, Bolivia.
7. —————. Informe Anual 1979. Estación Experimental Cnel. Armando Gómez. Santa Cruz, Bolivia.
8. —————. Informe anual 1980. Estación Experimental Cnel. Armando Gómez. Abapó Izozog. Santa Cruz, Bolivia.
9. —————. Informe Anual 1983. Estación Experimental Cnel. Armando Gómez. Abapó Izozog. Santa Cruz, Bolivia.

10. DIAZ, O. y BARBER, R. Efectos de la mecanización en las propiedades físicas de los suelos con énfasis sobre compactación. Informe Anual 1985, CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
11. GUAMAN, A. Uso potencial de la tierra en el Departamento de Santa Cruz. CORDECRUZ, Santa Cruz, Bolivia. 1982.
12. THIELE, G. Estudio de la producción y consumo del aceite comestible y manteca en Bolivia. CORDECRUZ, Doc. Trabajo No. 9, Santa Cruz. 1985.
13. VALENZUELA, R.; TEJERINA, A. y ZURITA, H. Comparación de eficiencia de cuatro inoculantes comerciales en variedades de soja. Informe Anual, 1984, CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
14. VALENZUELA, R. y CANDIA, R. Efecto del fósforo sobre la nodulación y fijación del N en soja. Informe Anual 1986, Santa Cruz, Bolivia.

“SITUACION DE MANEJO DE SUELOS EN CHILE CENTRAL V A X REGIONES”

por Rafael Novoa S.A. * y Pedro del Canto **

Introducción

El manejo de suelos en Chile Central, es un tema que ha sido abordado en forma poco orgánica. Existen diversos estudios efectuados en Universidades chilenas e INIA que se refieren a aspectos muy variados del manejo de suelo desde métodos de labranza, evaluaciones de la preparación de suelos hasta la influencia del método de labranza sobre características físicas del suelo. En total se ha hecho, desde 1960 a 1986, unas 60 publicaciones relacionadas con el tema.

A continuación daremos una visión de los suelos, climas y sistemas de cultivo, en Chile, que permiten entender algo mejor el cómo y porqué los suelos se manejan de una u otra manera. Luego se describirá la forma de manejar el suelo en zonas ecológicas definidas y para diversos cultivos.

La razón de hablar del manejo de suelos en Chile central, es que ella es la zona más agrícola del país.

El clima y suelos de Chile

En la Figura 1, se muestran los 3 grandes tipos de clima existentes en Chile Central (Papadakis, 1973).

1. Mediterráneo semiárido. Con lluvias de invierno entre 250 - 400 mm y un período seco estival de 8-10 meses.
2. Mediterráneo marino. Con lluvias de invierno entre 400 y 1.300 mm anuales y un período seco estival de 2-7 meses.
3. Marítimo. Con lluvias todo el año entre 1.400 y 2.000 mm anuales y sin período seco.

El clima mediterráneo semiárido, definido así por su régimen hídrico con lluvias invernales y un verano seco, que encontramos entre las latitudes 30°S y 33°S, permite los cultivos de invierno (trigo, lentejas, avena, etc.) de secano con rendimientos muy bajos (15 qq/ha para trigo y 5 para lentejas) por ello la mayoría de estos cultivos se hacen bajo riego. Los cultivos de verano sólo son factibles con riego (Figuras 1 y 2)

* *Ingeniero Agrónomo, Ph D. Estación Experimental La Platina del INIA. Casilla 439/3, Santiago, Chile.*

** *Ingeniero Agrónomo. Estación Experimental Quilamapu del INIA. Casilla 426, Chillán, Chile.*

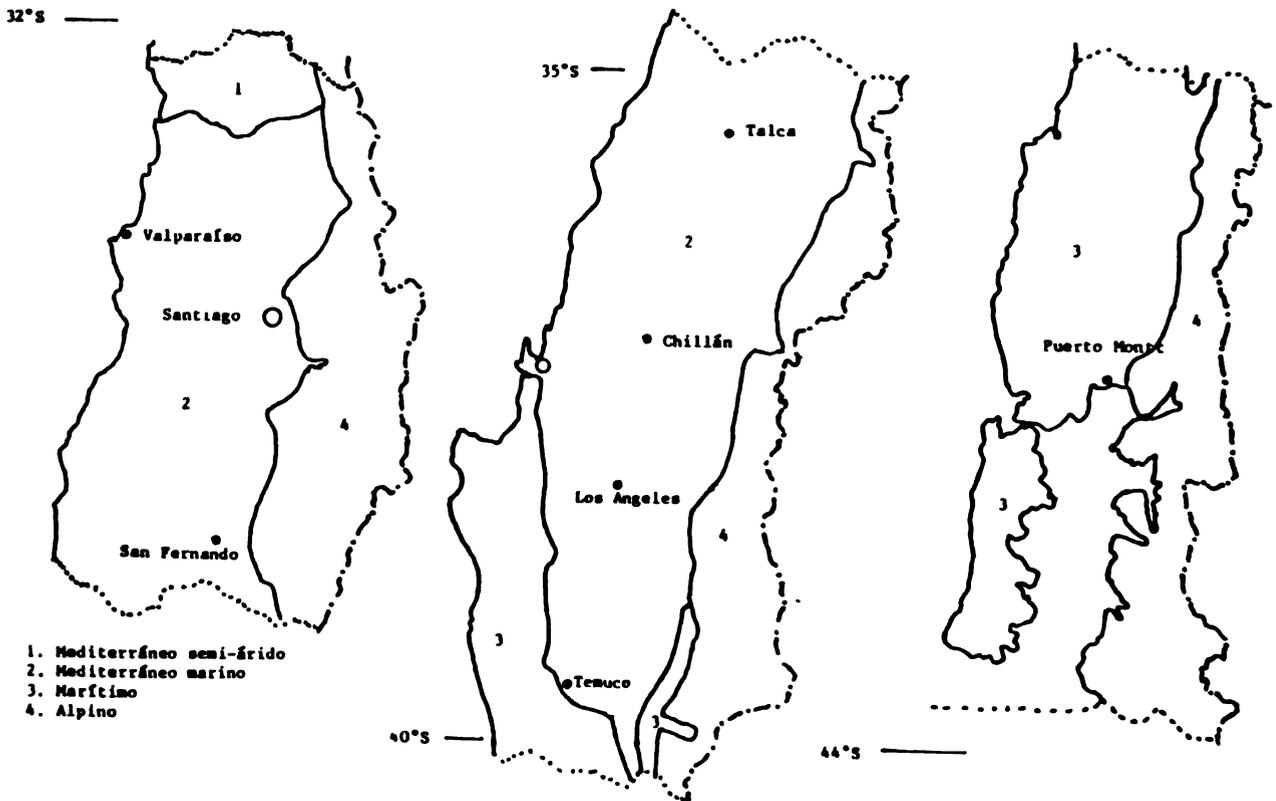


Figura 1. Climas de Chile Central

El clima mediterráneo marítimo, permite los cultivos de invierno de secano con rendimientos regulares a buenos (30 - 50 qq/ha para trigo y 12 - 15 qq/ha para leguminosas), admitiendo mayor variedad de ellos (raps, lupino, etc.). Los cultivos de verano sólo son factibles bajo riego. Se extiende entre los paralelos 33°S y 39° S (Figura 1) y (Figura 3 pág. 24).

El clima marítimo no tiene estación seca y, en teoría, permitiría cultivos de verano sin riego, pero por razones de temperaturas sólo es apto para cultivos de bajos requerimientos térmicos como la remolacha o papas, que crecen en la temporada primavera-verano. Los rendimientos potenciales en este clima son buenos. Abarca desde el paralelo 39° al sur (Figura 1) y (Figura 4, pág. 25) por el llano central y algo más al norte por la costa y precordillera andina.

Desde el punto de vista del manejo de los suelos, las condiciones de humedad de éste hacen común usar el barbecho en el secano cultivado con cereales o leguminosas de invierno y obligan a usar el riego en los suelos que se sembrarán con cultivos de verano. En el sector de clima marítimo, los problemas son el exceso de agua y los pocos días disponibles para preparar los suelos. Ello acarrea problemas de comparación y necesidades de equipos más rápidos para preparación de los suelos.

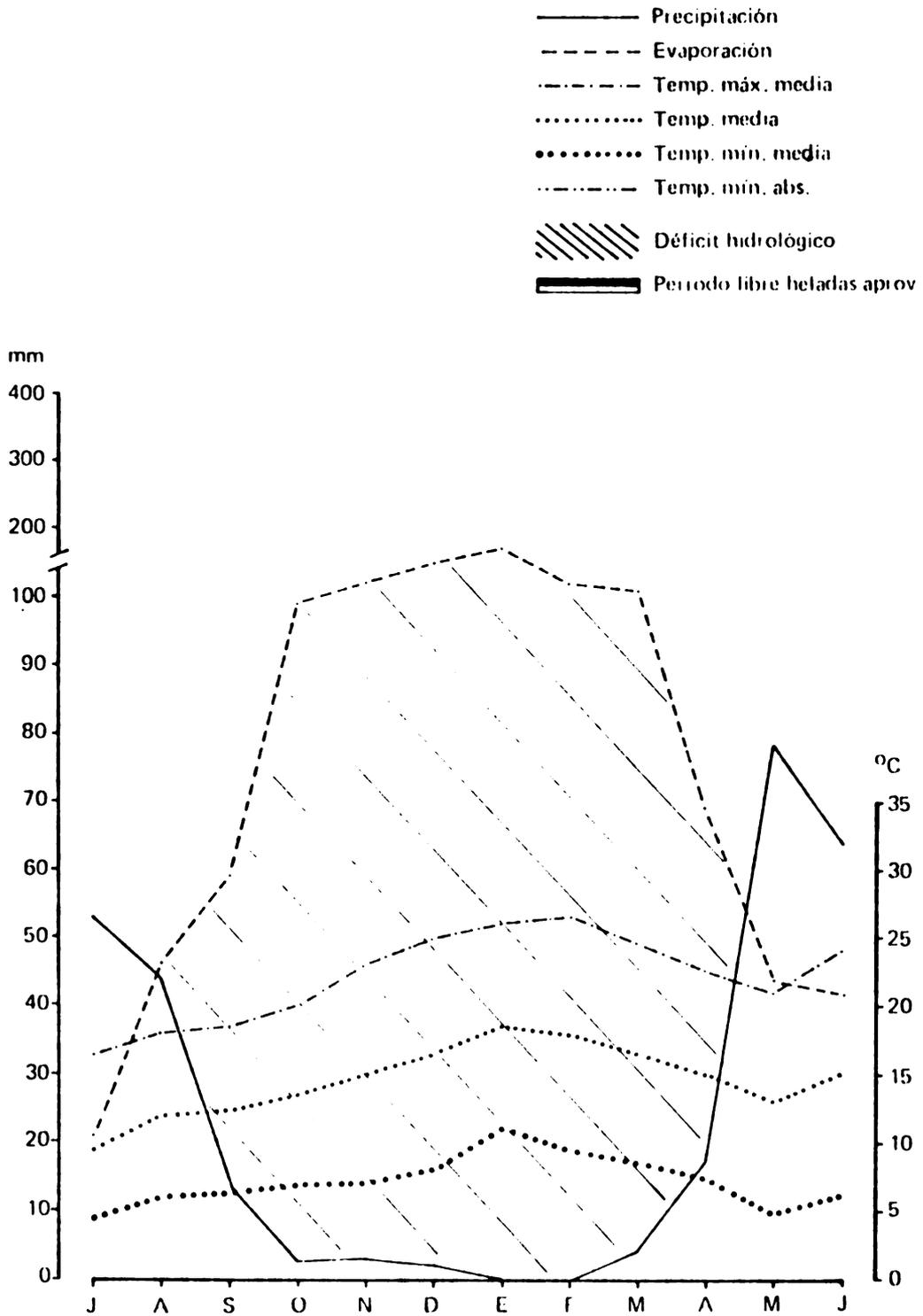


Figura 2. Climodiagrama La Ligua
 Lat. 32°23'S Long. 71°05'W Alt. 177 msnm

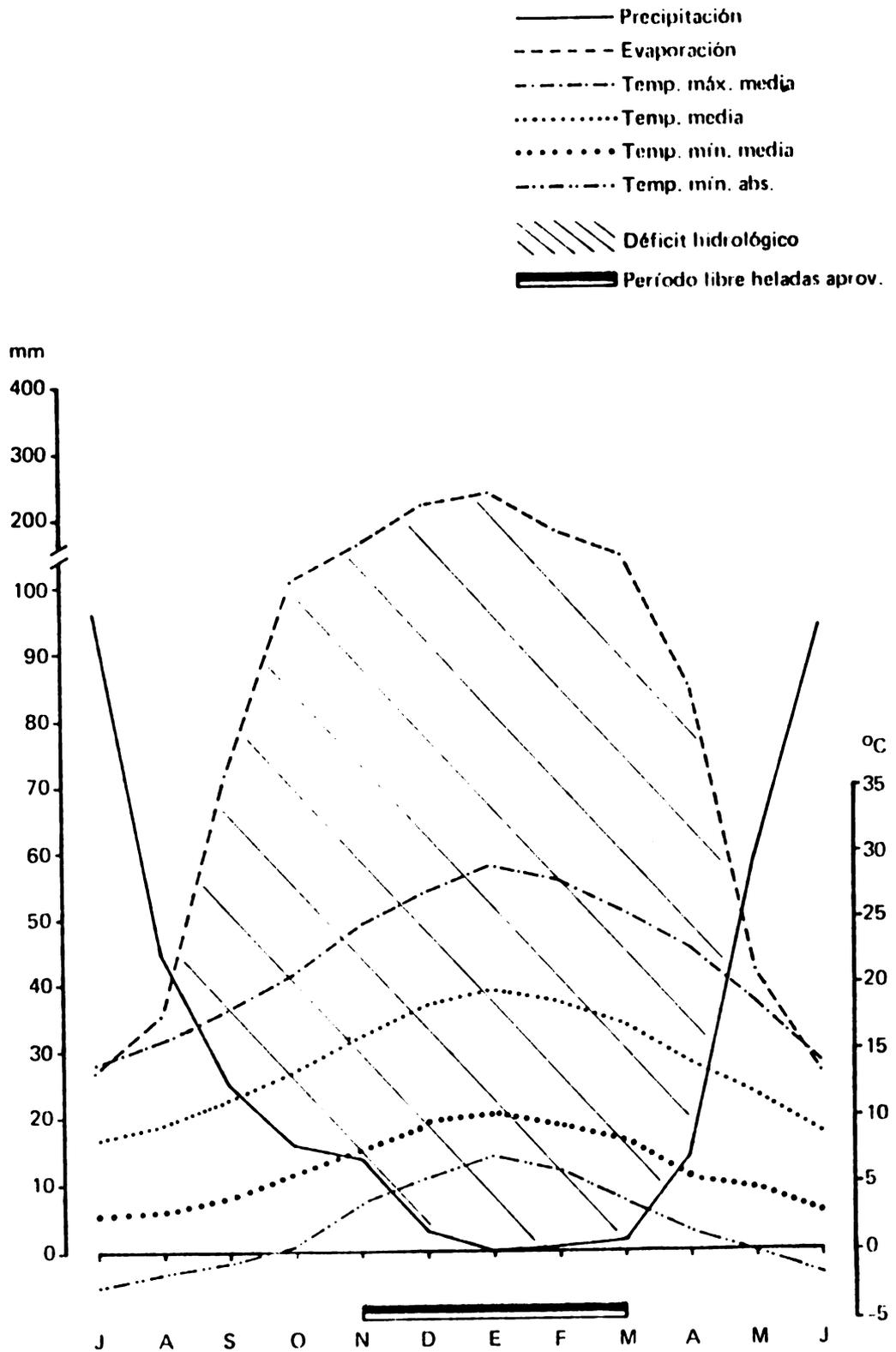


Figura 3. Climodiagrama La Platina
 Lat. 33°34'S Long. 70°38'W Alt. 625 msnm

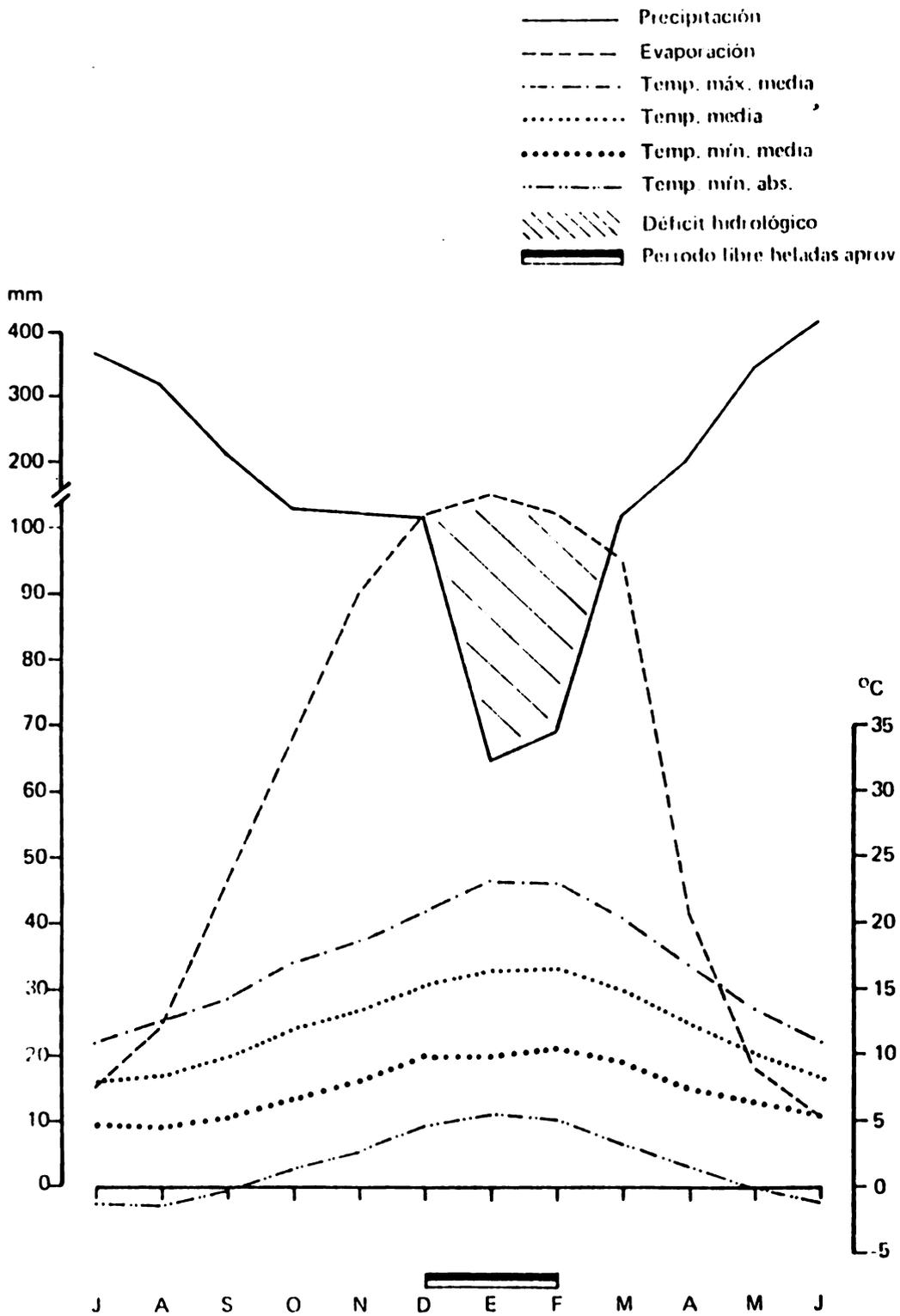


Figura 4. Climodiagrama Valdivia
 Lat. 39°48'S · Long. 73°14' W · Alt. 5 msnm

En cuanto a los suelos encontramos entisoles derivados de materiales aluviales en el valle de Aconcagua y en el llano central entre Santiago y Los Angeles. También hay entisoles derivados de sedimentos marinos en terrazas litorales. Son estos suelos de texturas franco, franco-arenoso o arenosos. Son fáciles de trabajar, sus principales problemas son la presencia de piedras y, a veces, la presencia de horizontes franco-limosos que son fácilmente compactables.

Otro grupo de suelos importantes son los alfisoles derivados de granitos que encontramos en la zona costera. Estos son suelos muy erosionables con texturas más bien franco arcillosas. También hay alfisoles derivados de sedimentos marinos en posición de terrazas litorales y de tobas en el llano central. En estos suelos se presenta muchas veces el problema del "planchado" del suelo y el llamado "gateo" del trigo y las leguminosas. Este fenómeno está asociado a texturas franco-arcillosa o arcillosas y a bajos contenidos de materia orgánica.

Un tercer grupo importante de suelos son los ultisoles derivados de rocas metamórficas o materiales volcánicos. Estos son de texturas franco a franco arcillosas y con alto riesgo de erosión.

Un cuarto grupo son los suelos vertisoles o alfisoles con horizonte superficial avertisolado de texturas arcillosas. Su manejo es complicado por ser suelos de posiciones planas con drenaje restringido. Son, sin embargo, bastante fértiles.

Los alfisoles, ultisoles y vertisoles en posiciones bajas y planas son suelos que presentan problemas de drenaje en invierno.

Por último, encontramos un grupo de suelos muy importantes de inceptisoles derivados de cenizas volcánicas llamados "trumaos", y Nadis o derivados de vidrios volcánicos. Estos últimos son de poca importancia siendo generalmente delgados sobre una estrata compacta de pomez.

Los trumaos ocupan una gran superficie en la Precordillera Andina y en el llano central de las regiones VIII, IX y X. Son suelos de texturas franco, franco limosas y de excelentes condiciones físicas que hacen su manejo muy fácil pero que requieren de altas dosis de fósforo. En este sentido, el manejo de los suelos chilenos, requiere de fertilización con nitrógeno y fósforo principalmente, potasio y azufre menos frecuentemente, boro y otros elementos en algunos casos especiales.

Sistemas de producción

Los sistemas de producción agrícolas de Chile Central y Sur, pueden ser:

- Frutales o viñas
- Hortícolas
- Cultivos anuales con uso intensivo del suelo
- Ganado - cultivos
- Mixtos, que combinan los anteriores

Los sistemas frutales ocupan suelos regados del sector de clima mediterráneo. Su principal problema de manejo de suelo está asociado al control de malezas y al riego (Kogan, 1980)

Los sistemas hortícolas forman círculos alrededor de las ciudades y requieren de un manejo de suelo similar a los cultivos extensivos con modificación en las labores secundarias para establecer platabandas o el sistema de riego.

Los sistemas de cultivos y los que combinan cultivos y praderas, requieren de un manejo similar donde las labores primarias y secundarias deben ajustarse por tipo de suelo, época de preparación y cultivo.

En cuanto a equipo de labranza del suelo, en Chile se usa principalmente (Ibáñez, Concha y Philips, 1982):

- Arado : Vertedera, disco o cincel, rotatorio
- Rastras : Off-set, tandem, resortes, clavos o ramas, rotofresadores, vibrocultivadores
- Otros : Radillos desterronadores o compactadores, subsoladores, surcadores, niveladoras etc.

Manejo de suelos en diferentes zonas agroecológicas de Chile Central

Secano Costero

Esta área agroecológica comprende sectores de climas mediterráneos semiárido, marino y de clima marítimo. Las diferencias principales en el manejo del suelo se deben a una mayor necesidad de rastraje para eliminar malezas al aumentar las lluvias y a una menor disponibilidad de días para preparar suelos en los sectores más lluviosos. Este último punto obliga a usar equipos más rápidos y poderosos o a eliminar la superficie de siembra.

En esta área, ubicada en el sector occidental del país (Figuras 5 y 6 pág. 28) y que incluye suelos alfisoles, ultisoles e inceptisoles, dominan los sistemas de cultivo que alternan trigo o leguminosas de grano con praderas.

La preparación de suelo para trigo se acostumbra hacerla sobre praderas o rastrojo de leguminosas. Las leguminosas se siembran en vez de trigo y después de praderas o trigo.

Ocasionalmente se siembran praderas de trébol, falaris o festuca. Para los cultivos se usa hacer barbechos: esto es, arar el suelo a fines de invierno (agosto-octubre). A veces después de arar se rastrea y se deja así hasta el otoño. Con las primeras lluvias se rastrea y se siembra trigo. Las condiciones de suelo y clima son las que fuerzan al barbecho, ya que el suelo debe trabajarse antes de que se seque, pues su textura no permite su laboreo en seco, la que ocurre en el secano y hay poco tiempo para preparar suelo con las lluvias otoñales. En algunos casos se siembra garbanzo (V a VIII Regiones) en setiembre y octubre, sistema que se designa como "barbecho cubierto". Cosechado el garbanzo se rastrea y siembra trigo. A medida que nos movemos hacia el sur, hay más lluvias y mayores problemas de malezas, lo que obliga a aumentar los rastrajes a 2 o 3. También aumentan las alternativas de cultivos (raps, frejol). En algunos casos se hace una aradura, un rastraje, una cruz (arado pasado más profundo) y varios rastrajes (Ibáñez, 1980).

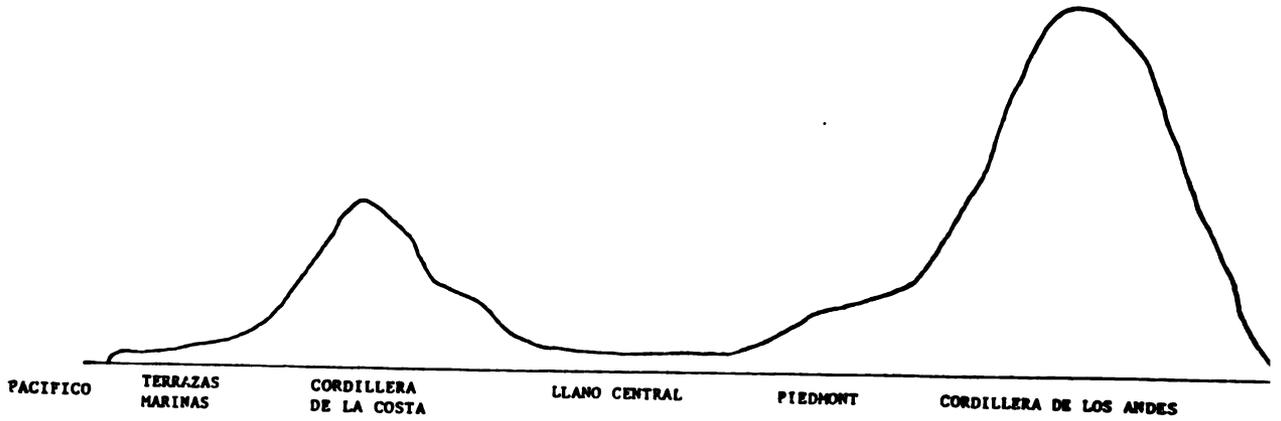


Figura 5. Corte transversal Chile Central

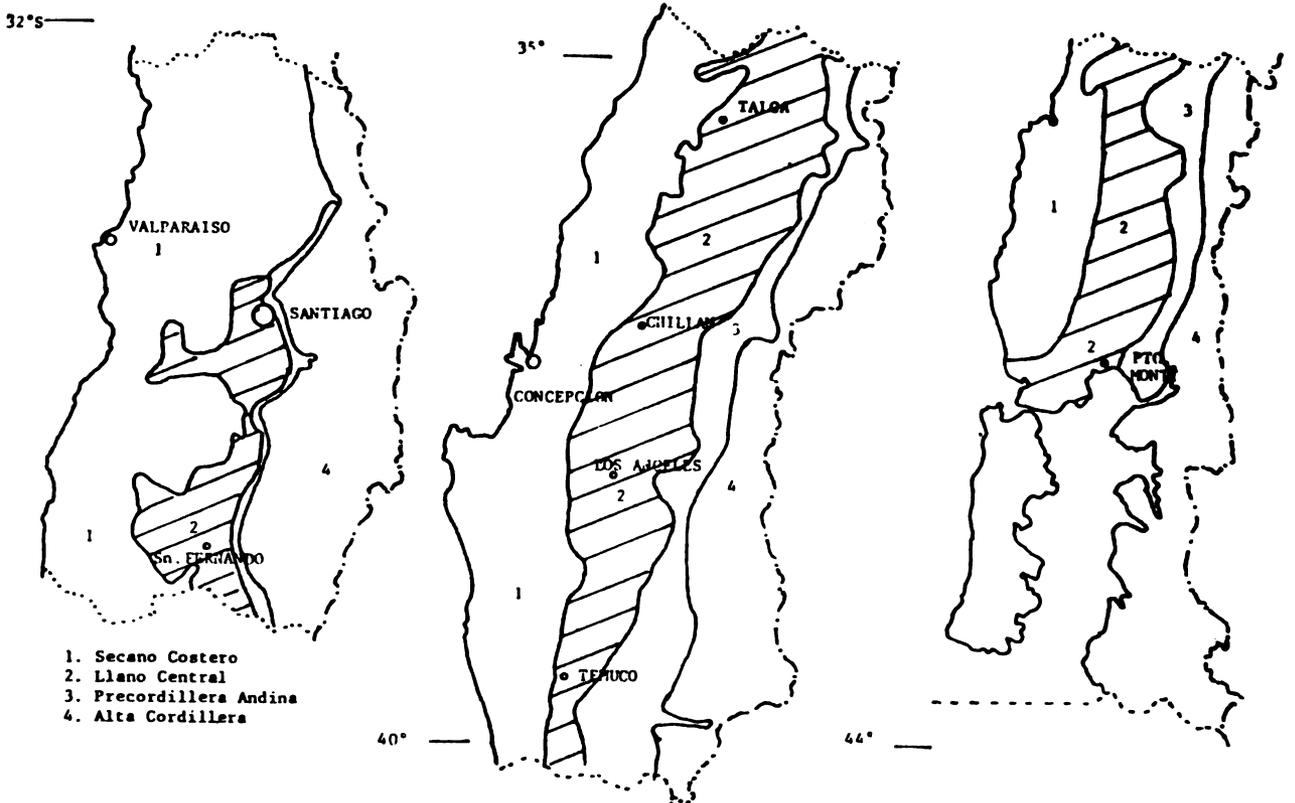


Figura 6. Grandes zonas agroecológicas Chile Central

La aradura se hace a unos 15 a 20 cm de profundidad, usando arados cinceles, de disco o vertedera. Los pequeños agricultores usan arados de palo con punta de hierro o arados de hierro reversibles, rastrones de madera con clavos y rastras de rama como únicas herramientas (Vázquez, 1979), siendo común que muchos de ellos aren, crucen y tapen las semillas con el arado. Esto provoca problemas en el trigo, pues puede quedar demasiado profundo (más de 10 cm) y se producen pérdidas de plantas.

El barbecho es en si beneficioso (Inostroza, 1981; Ibáñez, 1968; Rodríguez et al., 1983 y Toledo, 1969). Este efecto es debido al control de malezas y a un aumento de N aprovechable. El incremento en el N puede deberse a la liberación de este nutriente de la materia orgánica que se mineraliza y/o a una fijación no simbiótica de N que usa materia orgánica como fuente de energía (Rodríguez et al., 1983).

La mayor disponibilidad de N se traduce en mejores rendimientos de trigo, raps, etc., si no se aplica fertilizantes pero, sí se aplica, la diferencia disminuye aunque se conserva una cierta ventaja para el barbecho (Inostroza, 1981; Toledo, 1969; Rodríguez et al., 1983).

Por otra parte, estos barbechos tienen efectos negativos desde el punto de vista de la erosión (Ibáñez, Concha y Philips, 1982) y son una de las causas de la intensa erosión de los suelos del secano. El 59 por ciento de los suelos del secano costero presentan erosión moderada a severa, ello equivale a unos 2.8 millones de hectáreas (IREN, 1965).

Otra causa de esta erosión está en el laboreo de suelos clases VI y VII que hacen muchos agricultores (Peña, 1978/1981).

Para controlar la erosión de los suelos de este sector, el Ministerio de Agricultura hizo durante años divulgación de las técnicas de terrazas, cultivos en faja etc., pero su adopción por los agricultores fue muy baja debido a los costos involucrados y la mayor complejidad del manejo de suelos que ella implica. En los últimos años diversas investigaciones hechas por Universidades (Ramos, 1983; Rojas et al., 1984; Peña, 1981), INIA (Martínez y Novoa, 1981; del Canto y Kramm, 1984; Letelier, 1986; Letelier y Ubilla, 1985; Letelier, Novoa y Tortello, 1986; del Canto y Ormeño, 1981; Inostroza, 1981) y agricultores (Crovetto, 1981, 1983) han mostrado que la cero labranza es una excelente alternativa para el control de la erosión en esta área. Los costos y rendimientos de trigo y maíz son similares a los obtenidos por técnicas tradicionales. Una consecuencia importante de estos trabajos es que la cero labranza debe hacer cambiar el concepto de suelos Clase VI de capacidad de uso, ya que con esta técnica pasan a ser cultivables. Otra consecuencia de esta técnica es que nos obliga a revisar los conceptos de "cama de semilla", de profundidad de siembra, de "cama de raíces", ya que por lo menos en trigo, maíz, soja etc., parecen no tener el rol que se les atribuye normalmente.

Entre las limitantes de la siembra directa en Chile se señala el costo de los herbicidas y sembradoras especializadas, aunque este último aspecto es solucionable como ha sido demostrado por Letelier y Ubilla (1985).

Las siembras de praderas se hacen de manera similar a los cultivos. En un sector de esta área latitudes 35 a 37°C se cultiva vid con azadón anualmente (Riquelme, 1970). La cero labranza en vid de esta zona es factible, con ventajas en el control de la erosión (Merino y otros, 1979).

Llano Central

Es la principal área agrícola del país, sus climas son mediterráneos en la parte norte y marinos al sur. (Figuras 5 y 6). Los suelos pueden ser: entisoles de origen aluvial, inceptisoles de origen volcánico, vertisoles o alfisoles. El sistema de producción puede ser: frutales o viñas, hortícola, ganado-cultivo o mezclas de los anteriores.

Sistemas Frutales y Viñas

El manejo de suelos en viñas ha sido estudiado o descrito por Riquelme, Fernández y Peña, 1972; Rojas, 1982; Zuñiga, 1982; García, 1983; en huertos frutales por Kogan, 1980; en perales por Silva, 1983 y en nectarines por Vega, 1982 y Castro, Ruiz y Miranda, 1984.

En general, los principales problemas de manejo de suelos en frutales y viñas están asociados al control de malezas y al riego.

El control de malezas se hace rastreando el suelo o usando herbicidas (Glifosato, Paraquat). En muchos suelos aluviales el rastreo seguido de ellos produce compactaciones que afectan al riego (Castro, Ruiz y Miranda, 1985), disminuyendo la infiltración. Esta situación se mejora notablemente usando herbicidas (Figura 7 pág. 31). Una alternativa usada por algunos agricultores es subsolar una vez al año para eliminar las compactaciones.

En todo caso, es obvio que los estudios de manejo de suelos frutales son muy escasos. Las mediciones hechas sobre propiedades del suelo son pocas y por haberse mantenido los tratamientos por corto tiempo no revelan diferencias significativas. Se requiere estudiar a más largo plazo y con más mediciones.

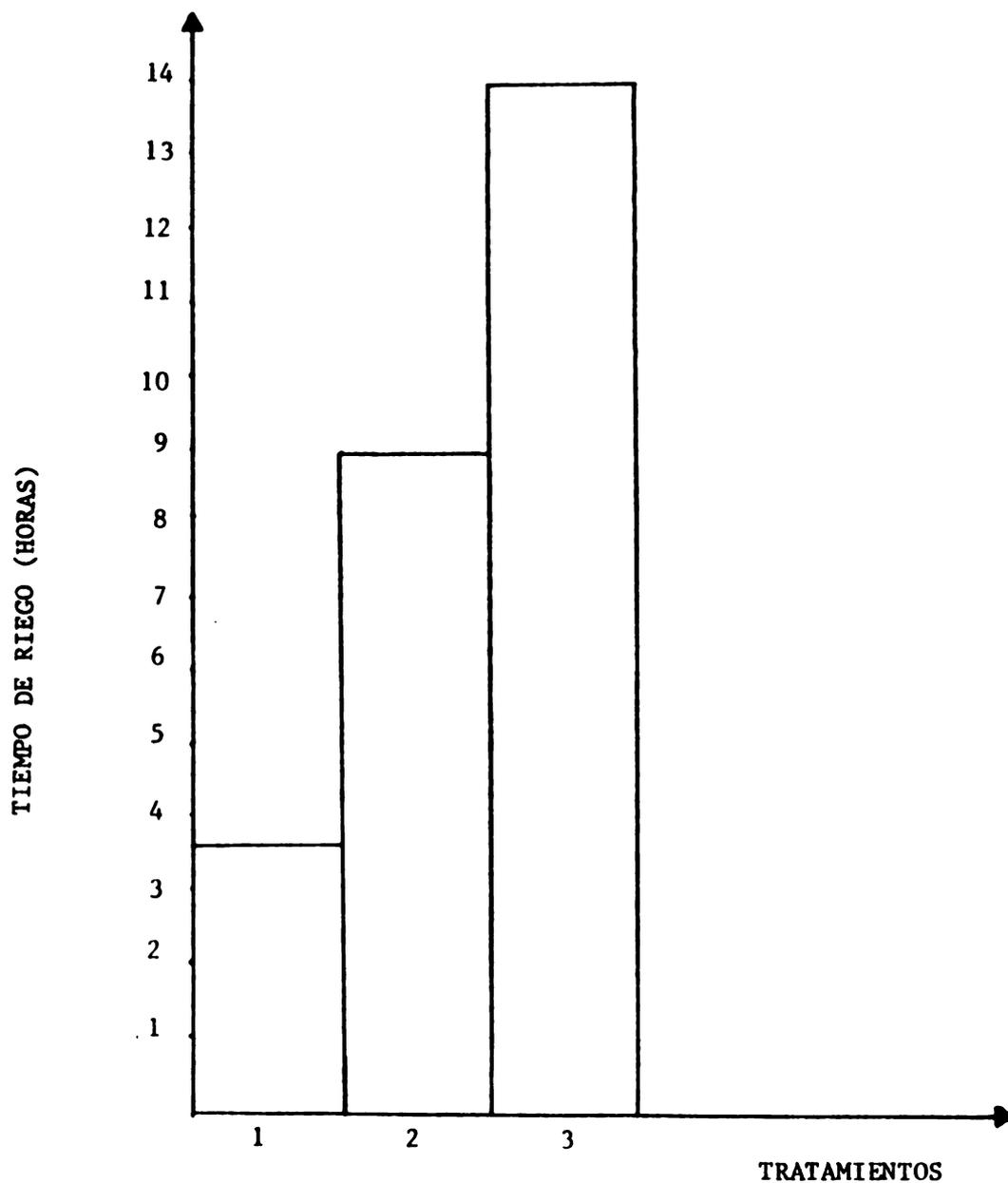
Sistemas de cultivos (Cereales, chacras, hortalizas)

En estos sistemas, se usa preparar los suelos de manera muy similar, lo que varía es el momento de las labores, su número y la realización de labores extras para hacer surcos o platabandas.

Los factores que establecen diferencias son: el clima, el suelo, el tipo de rastrojo y la época de preparación.

En el sector mediterráneo de esta zona no se hace barbecho ya que se tiene riego o lluvias otoñales y también praderas o cultivos de verano que no permiten el barbecho. Los suelos son planos y de texturas medias. Es común preparar el suelo inmediatamente antes de sembrar. Sin embargo, de Los Angeles al sur, hay ventajas en hacer barbecho en octubre a diciembre (Inostroza, 1981).

La rotura se hace con arado o rastra y las labores secundarias con rastras off-set o tandem. A veces, se hace una aradura extra o "cruza" en 45° a la rotura inicial. Hay trabajos que indican que esta cruza no presenta beneficios (Puentes, 1976). En ello coinciden los estudios de cero labranza (Rojas y colaboradores, 1984) que no muestran diferencias significativas entre cero labranza y tradicional. En la Cuadro 1 se indican las labores que se hace en la preparación de suelos para diversos cultivos.



1. Suelo con cubierta vegetal natural entre hileras y herbicida en hilera. Pasto cegado a 15 cm.
2. Aplicación herbicida a toda la superficie del suelo (Roundup).
3. Rastraje entre hileras y herbicidas sobre hileras.

NOTA: Capacidad de retención de agua del suelo: 14,2 cm en 100 cm

Figura 7. Tiempo de riego (horas) necesario para reponer 50 por ciento del agua aprovechable retenida en el suelo en un parronal de uva Sultanina.

Cuadro 1. Sistemas tradicionales de preparación de suelos para diversos cultivos, tipo y N° de labores.

CULTIVO	ROTURA	CRUZA	RASTRAJES	RODILLOS	AUTORES
TRIGO	1	—	1 - 3	—	Ibaceta, 1968 Ibáñez, 1980
MAIZ	1	1*	2 - 4	—	Liendo, 1963 García, 1969 Irrázaval, 1981
MARAVILLA	1	1	4 - 8	—	Vidal, 1976
REMOLACHA	1 1	1 1	2 - 3 4	— 1	Sau, 1966 Puentes, 1976
RAPS	1	—	4	—	Inostroza, 1981

* Ocasional

Dependiendo del tipo de rastrojo, es usual romper el suelo con rastra o arado. Así, las roturas de praderas se recomienda hacerlas con rastra de disco (Carrasco, 1967; Inostroza, 1981) ya que ello hace las labores de aradura más fáciles y evita la formación de un pan duro formado de raíces y suelo que al secarse es muy difícil de disgregar con rastra. Si la rotura se hace después de un rastrojo de un cultivo (maíz, remolacha, leguminosa) no hay problemas en ejecutarla con arado. Los rastrojos pueden quemarse, pastorearse o eliminarse con chopper.

La preparación de suelos para cultivos de invierno se hace en Otoño (abril - junio) y para cultivos de verano entre setiembre y octubre. En estas últimas, es a menudo necesario, regar para poder ejecutar las labores del suelo. Esto es válido en la zona de Talca al norte, más al sur es posible arar sin regar por las mayores lluvias de esa zona. Además, en el sector de Temuco al sur, no son factibles cultivos de verano por temperaturas bajas.

El cultivo del arroz que se hace en suelos arcillosos con horizontes vérticos, en la zona de Chillán al norte, presenta características especiales, pues se debe comenzar por construir pretilos para formar piscinas donde se sembrará el arroz. Las araduras y rastros se hacen luego, entre pretilos. El apretillado, dependiendo como se haga y de la pendiente del terreno, puede provocar pérdidas entre 9 y 50 por ciento de suelo cultivado (Sims, 1983). Una vez arado y rastreado el suelo, queda frecuentemente terronado y disperejo. Para eliminar este problema se hace la labor llamada "fangueo" que consiste en disgregar los terrones inundando el terreno y pasando un tablón fanguador antes de la siembra. La aradura de este suelo requiere de vertederas alistonadas para

disminuir la adhesión de este al suelo. Por otra parte, el cultivo de trigo en estos suelos se ha visto que es factible y requiere de un "alomado" para su éxito (Del Canto, Hermaíz y McMahon, 1986). Este consiste en formar pequeñas platabandas después de sembrado el trigo lo que evita el exceso de agua en el cultivo.

Trabajos ejecutados por diversos autores (Anselmo, 1975; Ibáñez, 1976, 1981; Pinilla, 1974; Puentes, 1976; Vidal, 1976), muestran que la preparación de suelos en el llano central se hace con un exceso de laboreo del suelo y que hacer una reducción en el número de labores para efectuar una mínima labor es económicamente beneficioso, sin efectos negativos sobre los rendimientos. Además, esta técnica aumenta la capacidad de trabajo de los equipos y reduciría la compactación de los suelos.

Los entisoles arenosos y andosoles (trumaos, franco limosos) del área son más fáciles de trabajar que los vertisoles o alfisoles. La intensificación del uso del suelo con dos cultivos anuales es una práctica en desarrollo de Los Angeles al norte. La investigación de este sistema es preliminar pero muy promisoría.

Precordillera Andina

Esta área constituye una franja de norte a sur que empieza en la VI Región (San Fernando) y llega hasta la X Región (Puerto Montt). Conforman el Pied Mont de la Cordillera de Los Andes (Figuras 5 y 6). Su clima es mediterráneo, de Collipulli al norte y marítimo más al sur. Los suelos predominantes son inceptisoles (trumaos) y ultisoles (rojo arcillosos) derivados de materiales piroclásticos (Mella y Khune, 1984). Los trumaos tienen texturas franco o franco-limosas con alto contenido de materia orgánica, 12-20 por ciento. Sus características físicas son muy favorables siendo por ello fácilmente laborables. Quizás su principal limitación es que se compactan fácilmente formando una estrata impermeable a unos 25 cm que se denomina "pie de arado". Los ultisoles son de texturas arcillosas y arcillo limosas cuya labranza es muy dependiente del contenido de humedad del suelo siendo estrecho el margen para el laboreo.

Los sistemas agrícolas son predominantemente ganado-cultivos donde se alternan praderas con cultivos de invierno (trigo, avena, leguminosas de grano, raps), y en sectores con riego se hacen algunos cultivos de verano.

La preparación de los suelos de este sector es similar a las de las otras zonas. Los barbechos son frecuentes (Rodríguez et al., 1983).

Por las condiciones físicas, los "trumaos" pueden trabajarse sin arado, sólo con rastras pero requieren de arado subsolador o cincel cada cierto número de años (3 - 5) para romper pie de arado (Inostroza, 1981). Estas mismas propiedades físicas hacen que el sobrelaboreo del suelo sea muy perjudicial, ya que queda finamente dividido y muy expuesto a la erosión hídrica. Por otro lado, se favorece el "descalce", fenómeno que consiste en el estrangulamiento del cuello de las plántulas y en muchos casos de desarraigamiento de la plántula por efecto de dilatación y contracción del suelo debido a cambios bruscos de temperatura al congelarse y descongelarse éste. Las semillas sometidas a estas condiciones, quedan muy profundas, siendo ello más perjudicial cuando son de pequeño tamaño, como raps y algunas forrajeras. Para minimizar estos problemas, es práctica usual el uso de rodillos compactadores antes y después de la siembra (F.N.D.R., 1977).

Conclusiones

- El manejo del suelo varía según la zona agroecológica, con gran influencia del clima y tipo de suelo.
- El barbecho es una práctica generalizada en áreas de secano con climas mediterráneos. En zonas regadas y climas marítimos su uso es menos frecuente.
- El barbecho es beneficioso por control de malezas, manejo del rastrojo, acumulación de N. Bajo condiciones chilenas, no hay beneficio de acumulación de agua.
- Es común un laboreo excesivo del suelo particularmente en sectores más enmalezados del llano central regado y climas marítimos.
- El mal manejo del suelo, ocasiona problemas de erosión, especialmente en el secano costero y precordillera andina.
- La cero labranza, en Chile, tiene principal ventaja en control de la erosión en zonas de secano y doble cultivo en zonas de riego.
- La cero labranza nos obliga a replantear la clasificación de capacidad de uso, los conceptos de cama de semilla, cama de raíces, profundidad de aradura y los objetivos de la preparación del suelo.
- Los principales problemas derivados del manejo inadecuado del suelo son: erosión, compactación (pie de arado), planchado (gateo) y descalce.
- Aparentemente el pie de arado se produce principalmente en suelos franco limosos. Igualmente el planchado de suelos ocurre con más frecuencia de suelos de texturas franco-arcillosas y arcillosas con bajo contenido de materia orgánica. Esta situación es común en alfisoles erosionados donde se ha expuesto el horizonte B textural.
- Falta estudio sobre:
 1. Efecto laboreo en propiedades físicas, especialmente en largo plazo.
 2. No hay estudios sobre efectos del laboreo del suelo en problemas de plagas (insectos, nemátodos, etcétera).
 3. No se encontró estudios publicados sobre manejo de suelo para establecer praderas.
- Principales problemas investigados son efecto de manejo suelo en control de maleza y enfermedades del suelo.
- Poca formación sobre aspectos energéticos y relaciones clima-manejo suelo.

Literatura citada

1. ANSELMO W., SERAFIN. Factibilidad de la aplicación del principio de mínima labor a la preparación del suelo y siembra en la provincia de Ñuble. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. 1975. 116 p.
2. CARRASCO, PEDRO. Preparación de suelo para el cultivo de la remolacha. Boletín Remolachero 11 (35): 6-10. 1967.
3. CASTRO, J.; RUIZ, R. y MIRANDA, O. Sistema de manejo de suelo en nectarines Late Legrand. Investigación y Progreso Agrícola, La Platina 28: 38-39. 1985.
4. CANTO, S. PEDRO DEL; ORMEÑO, N. JUAN. Cero labranza. Ventajas, desventajas y uso potencial en la VIII Región. Investigación y Progreso Agropecuario, Quilamapu 9: 2-3. 1981.
5. —————; KRAM, M. VICTOR. Preparación de suelos en cereales. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu 22: 27-30. 1984.
6. —————; HERNAIZ L., S. y McMAHON, M. Producción de trigo en suelos de aptitud arrocera. En: Seminario "Alternativas de uso de suelos arcillosos con aptitud arrocera, Talca. Intendencia Región del Maule-INIA. 1986.
7. CASANOVA, H. SERGIO GERARDO. Efecto de profundidad de aradura sobre los rendimientos de soja. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción, 1974. 72 p.
8. CROVETTO, L. CARLOS. Conservación y desarrollo (suelo). Chile Agrícola 6 (58): 136-137. 1981.
9. —————; Cero labranza: maíz y trigo. Chile Agrícola 8 (82): 176. 1983.
10. ERENIEV, C. BORIS. Efecto de las labores sobre algunas propiedades físicas del suelo serie Santiago. Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. 1977. 56 p.
11. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL (FNDR), VIII REGION. Proyecto desarrollo tecnológico para la precordillera de Ñuble. Primera Etapa 1976. INIA, Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile. 1977. 162 p.
12. GARCIA V., FRANCISCO JAVIER. Cero y mínima labranza en vid: segunda temporada. Tesis (Ing. Agr.) Santiago, Universidad Católica de Chile, Fac. de Agronomía, 1983. 46 p.
13. GAETE, U. MONICA. Efecto de la labranza mínima en el desarrollo y productividad del maíz (*Zea mays* L.). Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Agronomía. 1978. 82 p.

14. HETZ H., EDMUNDO. Sistemas de preparación de suelos y siembra para trigo. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. 1966. 92 p.
15. IBACETA F., GUILLERMO ERNESTO. Sistemas de preparación de suelos y siembra para trigo en suelos trumaos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. 1968. 87 p.
16. IBAÑEZ, C. MARIO. Labranza mínima y economía combustible. Revista del Ingeniero Agrónomo. No. 19: 20-24. 1980.
17. ————. Preparación de suelos para la siembra. Boletín Técnico, Universidad de Concepción, Inst. de Ingeniería Agrícola No. 7. 1984. 90 p.
18. ————; CONCHA, L. y PHILIPS, R. Situación tecnológica de la labranza en suelos de secano de la costa de la provincia de Ñuble. Agro-Sur. 10 (2): 70-74. 1982.
19. INOSTROZA U., OSVALDO. Laboreo de los suelos de trumao (Andepts) para la siembra de raps. Agric. Téc. 41 (1): 31-40. 1981.
20. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES. Evaluación de la erosión cordillerana de la costa entre Valparaíso y Cautín. Informe Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Santiago, Chile. 1965. 52 p.
21. IRARRAZAVAL M., GUILLERMO. Comparación de tres sistemas de manejo del suelo y efecto de la fertilización nitrogenada en cero labranza, para maíz (*Zea mays* L.) en segunda siembra después de trigo. Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 1981. 79 p.
22. KOGAN A., MARCELO. Manejo de suelo y el control de las malezas en huertos frutales. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Agronomía. 1980. 126 p.
23. KORT M., EMILIO. Métodos de preparación de suelos y siembra de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la descomposición de residuos orgánicos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Univ. de Concepción. 1971. 82 p.
24. LETELIER A., ELIAS. Labranza cero en terrazas marinas. Investigación y Progreso Agrícola. La Platina 35: 35-39. 1986.
25. ————; UBILLA R., C. Cero labranza popular para trigo. Investigación y Progreso Agropecuario. La Platina No 28: 26-29. 1985.
26. ————; NOVOA S.A., R. y TORTELIO M., L. Comparación de tres sistemas de labranza para el trigo, en el secano litoral de la V y VI Región de Chile. Agric. Téc., Chile 46 (1): 27-32. 1986.

27. LIENDO V., ISIDORO. Estudio comparativo de tres sistemas mecanizados de preparación del suelo y siembra de maíz: sistema tradicional; sistema de preparación del suelo y siembra en dos operaciones (Well-track), sistema de preparación del suelo y siembra en una operación (Plow-Plant). Tesis Ing. Agr. Chillán, Univ. de Concepción. 1963. 103 p.
28. MARTINEZ V., MAXIMILIANO y NOVOA S-A., R. Cero labranza. Investigación y Progreso Agropecuario. La Platina (No. 6): 40-43. 1981.
29. MELLA, A. y KUNHE, A. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la zona central-sur de Chile. En: Tosso, J. (ed.). Suelos volcánicos de Chile. INIA-MINAGRI, Santiago, pp. 549-712. 1985.
30. MERINO, R.; ETCHEVERS, J.; PEÑA, L. y NAVEA, O. Efecto de sistema de manejo de suelo sobre la erosión y producción de viñedos de secano. Agric. Técn. 39 (2): 35-40. 1979.
31. MIRANDA L., CARLOS. Efecto de la profundidad de aradura sobre los rendimientos de remolacha azucarera. Tesis Ing. Agr. Chillán, Univ. de Concepción. 1975. 92 p.
32. NEUMAN K., MIGUEL JAIME HERNAN. Influencia de tres sistemas de labranza en la erodabilidad de un suelo. Tesis (Ing. Agr.). Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias. 1977. 87 p.
33. PAPADAKIS, T. Regiones ecológicas de Chile, FAO, Roma. 1973. 49 p.
34. PEDREROS L., JOSE ALBERTO. Comparación de tesis sistemas de manejo de suelo y control de malezas en cebada (*Hordeum distichum* L.) (labranza tradicional, labranza mínima, cero labranza). Tesis (Ing. Agr.) Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 1983. 93 p.
35. PEÑA M-C, LUIS. Control de erosión mediante dos niveles de densidad de paja en un trumao de lomaje. Agric. Técn. 38 (2): 49-53. 1978.
36. ————. Cultivo en contorno y cobertura mínima de rastrojos en control de erosión en lamajes suaves de trumao. Agric. Técn. 41 (4): 243-247. 1981.
37. PINILLA Q., HERNAN ANTONIO. Sistemas de preparación de suelos y siembra para maravilla. Tesis Ing. Agr. Chillán, Univ. de Concepción. 1984. 70 p.
38. PUENTES N., JUAN HERNAN. Métodos de preparación de suelos para remolacha con labores mínimas. (*Beta vulgaris* variedad *sacharifera*). Tesis (Ing. Agr.). Chillán, Univ. de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria. 1976. 72 p.
39. RAMOS R., PABLO ESTEBAN. Fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) bajo cero labranza y labranza convencional. Resultados del primer. Tesis (Ing. Agr.). Chillán, Univ. de Concepción, Escuela de Agronomía. 1983. 41 p.

40. RIQUELME CH., JUAN A. Influencia de algunas prácticas de manejo en viñas plantadas en lomajes de la costa, sobre el proceso de erosión hídrica. Tesis (Ing. Agr.). Chillán, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria. 1970. 85 p.
41. —————: FERNANDEZ M., BENJAMIN; PEÑA M., LUIS. Influencia de algunas prácticas de manejo en viñas plantadas en lomajes de la costa, sobre el proceso de erosión hídrica manejo de suelos, provincia de Concepción. Boletín Técnico, Univ. de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria, Depto. de Suelos No. 40. Chillán, 1972. 25 p.
42. RODRIGUEZ, N.; GODOY, A.; DEL CANTO, P.; CHAVARRIA, J.; BELMAR, C. Factores que inciden en la producción de trigo en la Región centro sur. I. Efecto épocas de barbecho en la precordillera de Ñuble. Agric. Técn. 43 (4): 345-352. 1983.
43. ROJAS L., GUSTAVO. Manejo de suelos y control de malezas en parronales. Aconex 1 (1): 4-8. 1982.
44. —————; ALVAREZ J., DANIEL; CHAVARRIA V., JUAN. Comparación de tres sistemas de labranza del suelo en trigo (*Triticum aestivum* L.) durante tres temporadas. Ciencia e Investigación Agraria 11 (1): 63-72. 1984.
45. SAU F., ELISEO. Distintos métodos de preparación de suelos en dos épocas diferentes, sobre empastada, para remolacha azucarera. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. 1966. 107 p.
46. —————. IBAÑEZ C., MARIO. Distintos métodos de preparación de suelos para remolacha azucarera en la provincia de Ñuble. Resumen de Tesis. Circular Informativa, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria, Dpto. de Ingeniería Agrícola No. 2. 1967. Chillán 23 p.
47. SILVA F., CONSUELO. Comparación de cuatro sistemas de manejo de suelo en un huerto de perales. Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Univ. Católica de Chile, Fac. de Agronomía. 1984. 85 p.
48. SIMS L., GUILLERMO. Preparación de suelos en arroz. Seminario de la producción y cultivo del arroz. Linares. Chillán, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu. 1983.
49. THOMPSON D., CARLOS E. Efectos del contenido de humedad del suelo sobre la calidad de la aradura. Tesis Ing. Agr. Chillán, Univ. de Concepción. 1974. 105 p. 43 ref.
50. TOLEDO, M. Efecto del barbecho de verano en los rendimientos de trigo en precordillera. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción. 1969. 85 p.
51. VALLESPÍR V., G. JOSE MARIA. Evaluación de diferentes métodos de labranza para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la V Región. Tesis (Ing. Agr.). Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Agronomía. 1984. 135 p.

52. VASQUEZ G., LUIS EUGENIO. Mecanización de la labranza, con tracción animal, en suelos de secano de la costa de la provincia de Ñuble. Diagnóstico 1978. Tesis (Ing. Agr.). Chillán, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria. 1979. 83 p.
53. VEGA S., ANTONIO. Mínima y cero labranza en nectarinos (*Prunus persica*, Batsch) var. Nectarina. Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Universidad Católica de Chile, Fac. de Agronomía, Depto. de Frutales y Viñas. 1982. 60p.
54. VIDAL P., IVAN; FERNANDEZ, BENJAMIN; DUARTE, NELSON. Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. Agricultura Técnica 41 (2): 83-88. 1981.
55. ————. Influencia de cuatro métodos de preparación de suelos para remolacha sobre algunas características físicas del suelo (*Beta vulgaris* variedad sacharifera). Tesis (Ing. Agr.). Chillán, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía y Medicina Veterinaria. 1976. 55 p.
56. VILLA R., ROBERTO; ERENIEV C., BORIS. Efecto de las labores sobre algunas propiedades físicas del suelo serie Santiago. II Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago, 17-20 Oct. 1978. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Depto. Ingeniería y Suelos. p. 268-288. 1980.
57. ZUÑIGA S., EDGARDO. Cero y mínima labranza en vid. Tesis (Ing. Agr.). Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 1982. 81 p.

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE SOJA EN EL PARAGUAY

por Oscar Guillén M. *

Introducción

En el Paraguay se cultiva anualmente alrededor de 800.000 hectáreas de soja, dentro del período que va de octubre a mayo.

El problema principal en este cultivo es la exposición de grandes superficies a la erosión, debido a que es un cultivo de ciclo estival y en el invierno la mayor parte de estas superficies se mantiene ociosa, ya que la rotación con trigo llega a cubrir apenas el 25 por ciento de la superficie ocupada por la soja.

Descripción de los suelos predominantes

En la región Oriental del país se concentran, en su totalidad, los cultivos de la soja. Esta región presenta características muy heterogéneas con respecto al tipo de suelos, pero dentro de esta diversificación, podemos mencionar dos grandes órdenes sobre las cuales se encuentran implantadas todos los cultivos de soja existentes en el país.

- a) Orden oxisoles (Latosol Rojo distrófico) suelo de origen basáltico, este tipo de suelo se extiende a lo largo del río Paraná, en la parte sureste del país en una faja aproximada de 100 km. de ancho.
- b) Orden ultisoles (Podsólicos Rojo Amarillo) ocupa una mayor extensión que el anterior, se lo encuentra predominantemente en el centro y norte de la región. Cabe mencionar que aproximadamente el 90 por ciento de la producción de soja del Paraguay se hace sobre suelo latosólicos.

Técnicas utilizadas para el cultivo de la soja y sus problemas relacionados con la degradación y erosión del suelo

- a) Sistemas de habilitación de tierras.
Pueden mencionarse dos modelos de trabajo de habilitación del terreno.
 - 1. Mecanizada: realizada por grandes empresas que habilitan grandes superficies en poco tiempo volteando y destroncando con máquinas, arrasando a su paso toda la materia orgánica y dejando la superficie al descubierto.

* *Ingeniero Agrónomo. Técnico de la Sección Suelo - Instituto Agronómico Nacional Ministerio de Agricultura y Ganadería - Caacupé-Paraguay.*

2. **Manual:** realizada por los colonos en forma familiar, una vez volteado el monte realizan cultivos manuales como maíz, mandioca u otro cultivo en pequeña escala. Esto continua por cuatro o cinco años, para luego hacer el destronque y limpieza total de la chacra.

Como resultado de estas prácticas tenemos:

1. **Erosión:** Cuando la vegetación natural protectora desaparece por acción del hombre, el suelo es arrastrado a un ritmo más acelerado de aquel al que puede generarse, debido a factores como: tipos de suelo (predominan suelos de textura franco-arcillo-arenosa y franco arenosa), cantidad e intensidad de lluvias (1200-1800 mm). Estas últimas contribuyen, enormemente, para que el proceso se lleve a cabo en una medida imposible de controlar sin métodos conservacionistas.

2. **Degradación:** En la mayoría de los casos, la degradación del suelo comienza en el momento de la habilitación de la tierra.

Las grandes empresas agrícolas instaladas en estas zonas efectúan desmontes en terrenos de grandes dimensiones sin considerar la aptitud de uso de la tierra, a lo cual se suma el efecto de la maquinaria pesada que implica el arrastre y la destrucción total o parcial de la capa orgánica, el endurecimiento de las arcillas por calentamiento y una significativa disminución de la fertilidad potencial del suelo. Se produce además una fuerte compactación, disminuyendo la infiltración y aumentando el escurrimiento superficial, que frecuentemente produce un arrastre masivo de los componentes superficiales del suelo.

El pequeño agricultor, generalmente, habilita una pequeña superficie de terreno, para cultivarla por cuatro a cinco años aprovechando su fertilidad natural inicial, para decaer posteriormente su productividad.

Toda esta problemática requiere de planificación, de usos de técnicas adecuadas, de una intensa tarea educacional para que el agricultor utilice apropiadamente los recursos disponibles en beneficio de una adecuada explotación.

b) **Sistemas de labranza:**

1. **Labranza convencional:** para la siembra de la soja en noviembre, las labores de preparación de suelos comienzan al inicio del mes de setiembre. Se recomienda la realización de dos aradas con sus respectivas rastreadas. El principal inconveniente que acarrea este tipo de labranza es que el terreno desnudo permanece mucho tiempo expuesto a la erosión.

2. **Labranza mínima:** un factor muy importante que condiciona la utilización de este tipo de labranza, es el tiempo disponible entre una cosecha y la siguiente siembra, es muy normal que la siembra se atrase por inconvenientes climáticos, ésta induce a una cosecha tardía y obliga al productor realizar este tipo de labranza.

Se realiza, generalmente, una arada profunda con dos rastreadas y dos pasadas de rastras pesadas antes de la siembra.

El inconveniente es que, con este sistema, se acelera el proceso erosivo, debido a que la profundidad de labranzas no varía, la camada superficial de suelo tiende a pulverizarse, el sub suelo a compactarse, impidiendo la infiltración y facilitando el escurrimiento.

3. **Labranza cero o siembra directa:** este sistema de labranza de reciente introducción en el país, se está utilizando actualmente en unas 15.000 hectáreas de soja. El proceso en sí es como sigue:

- a) aplicación de herbicida desecante (Paraquat)
- b) siembra con sembradoras abonadoras preparadas para siembra directa, equipadas con discos para desmenuzar terrenos y restos vegetales.
- c) **Aplicación de herbicida en pre-emergencia**
Metaclor + Metribuzin

Difusión y adopción de técnicas conservacionistas, métodos de difusión, grados de adopción, legislación

En la actualidad se dispone de escasa información y experiencia sobre las prácticas de conservación de suelos en el país. En este sentido, se pretende probar metodologías adaptadas a las regiones de país.

El organismo específico responsable de desarrollar e implementar estos programas es el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través de la Dirección de Investigación y Extensión Agropecuaria y Forestal, el cual está abocado en su organización, a la búsqueda de los medios humanos mediante la capacitación de profesionales y consecuentemente de los recursos económicos necesarios. Se pueden producir a corto plazo, cambios si se considera y concreta el proyecto de la formación de la unidad de suelos.

También, en la actualidad, el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través del Servicio de Extensión Agrícola y Ganadera se encuentra abocado a la ejecución de programas Nacionales tales como:

- a) Programa Nacional de manejo y conservación de suelo
- b) Asistencia Jurídica e Institucional al sistema Nacional de conservación de suelo.
- c) Programa de manejo y conservación de suelo como componentes de proyectos de desarrollo integrado zonales del país, en las siguientes áreas:
 - Paraguari
 - Eje Norte
 - Caazapá

d) Programa de conservación de suelo - Cooperativa Colonias Unidas Itapuá.

Estos programas tienen, por objetivos, promover el uso y manejo racional de los suelos, mediante el fortalecimiento de Instituciones vinculadas con la conservación de recursos naturales y la iniciación de acciones de manejo y conservación con la participación de pequeños y medianos agricultores.

De todos los factores que hemos visto, se puede concluir lo siguiente:

1. Escasa conciencia conservacionista.
2. Resistencia del productor a los cambios de manejo introducidos por las prácticas de conservación debido, a veces, a una rentabilidad agrícola estrecha, que imposibilita al productor incrementar sus costos de producción.
3. Falta de apoyo financiero para adoptar sistemas de producción conservacionistas.
4. Muy escaso número de técnicos especializados que presten servicio de asesoramiento sobre prácticas conservacionistas.
5. Carencia de una legislación Nacional sobre Conservación de Suelos.

Literatura consultada

1. FATECHA, A. Suelo perfil ambiental —Secretaría Técnica de Planificaciones, AID—, Asunción, Paraguay 1985.
2. ————. La erosión hídrica en la región Oriental del Paraguay. Simposio Internacional la Erosión del Suelo en la Cuenca del Plata. Relato INTA, Buenos Aires, Argentina 1979.
3. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Servicio de Extensión Agrícola Ganadera —Instrucciones para el cultivo de la soja—, San Lorenzo, Paraguay 1973.
4. YAMANAKA, K., FATECHA, A. and ALONZO P. The Dynamics of soil acidity and its effects on soy bean production in eastern Paraguay, MAG. Asunción, Paraguay 1987.

ESTUDIO DE CASOS

SIEMBRA DIRECTA DE SOJA SOBRE TRIGO

por Hugo Juan Marelli *

Introducción

A partir de 1970, el doble cultivo trigo/soja (soja de segunda) comienza a ser adoptado por los productores. Esto trae como consecuencia, un uso más intenso del suelo con el consiguiente agravamiento de los procesos de degradación y erosión hídrica. La siembra directa de soja, se presenta como una alternativa que posibilitaría el control de los procesos mencionados, manteniendo o aún mejorando el rendimiento del cultivo en comparación con el sistema convencional de labranza y siembra. (Mondardo y Biscaia, 1981; University of Kentucky; IAPAR, 1981; EEA Marcos Juárez, INTA, 1977).

Experiencias realizadas con lluvia simulada, indican que el rastrojo de trigo en siembra directa es fundamental para reducir las pérdidas de suelo y aumentar la infiltración. (Gallaher, Lattanzi, Marelli, 1987; Marelli et. al., 1980; Marelli et al., 1984; Meyer, Wischmeier y Foster, 1970).

En 1974, se inicia un ensayo con la finalidad de analizar el comportamiento del cultivo de soja sobre trigo bajo dos sistemas de labranza, convencional y siembra directa, y su incidencia sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Materiales y Métodos

El ensayo con la secuencia de doble cultivo trigo/soja se conduce en la EEA Marcos Juárez sobre un suelo franco limoso (Argiudol típico). El trigo se implanta anualmente en forma convencional, mientras que para la soja, se utilizan distintas alternativas de labranza, control de malezas y siembra.

Para el cultivo del trigo se emplea arado de reja, rastra doble de disco, rastra de dientes, y sembradora convencional de grano fino.

Para el cultivo de soja se emplean los siguientes tratamientos:

- A — Convencional con quema del rastrojo de trigo. Incluye arado de rejas y preparación de la cama de siembra con rastra de disco, rastra de dientes, rolo, siembra y labores culturales. (Figura 1).
- B — Convencional sin quema del rastrojo. Igual al tratamiento A.

* *Ingeniero Geógrafo, M.S., Estación Experimental Marcos Juárez, INTA, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.*

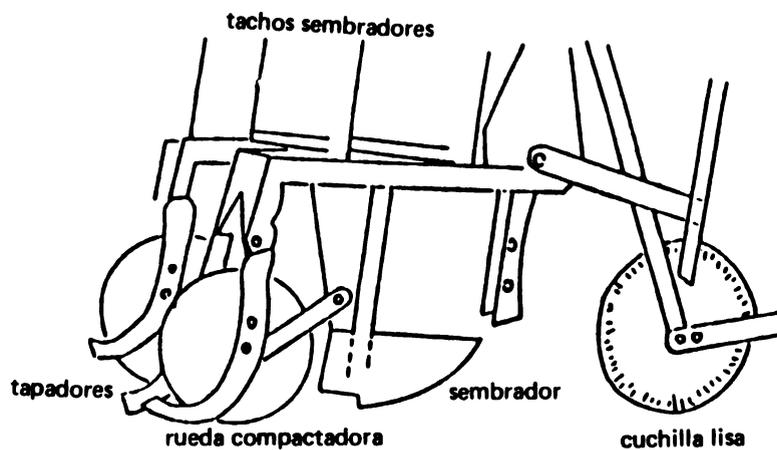


Figura 1. Equipo convencional de siembra.

C — Siembra directa con cincel y control de malezas con herbicidas totales y residuales. La siembra se hace sobre el rastrojo de trigo sin labranza previa, con una sembradora adaptada con abresurco a cincel. (Figura 2).

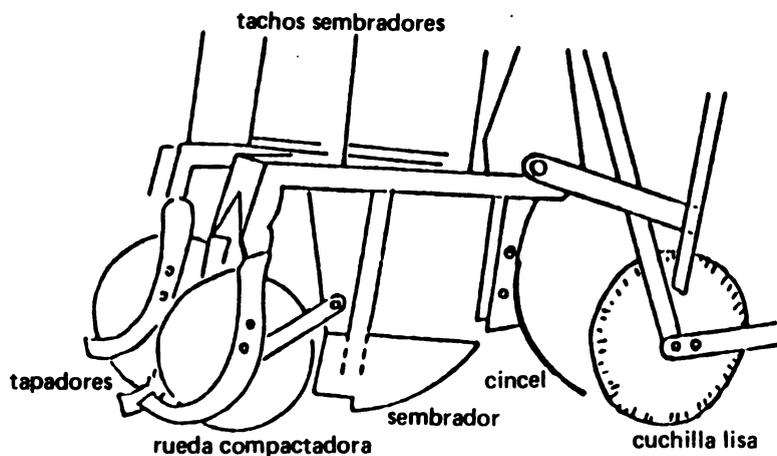


Figura 2. Equipo de cincel de siembra directa.

- D – Siembra directa con cincel y control de malezas con herbicidas totales y labores culturales. Similar al tratamiento C, excepto que se reemplazan los herbicidas residuales por labores de escardillo.
- E – Siembra directa con semilister y control de malezas con herbicidas totales y residuales. Se utiliza una sembradora adaptada con abresurco de reja tipo semilister. (Figura 3).

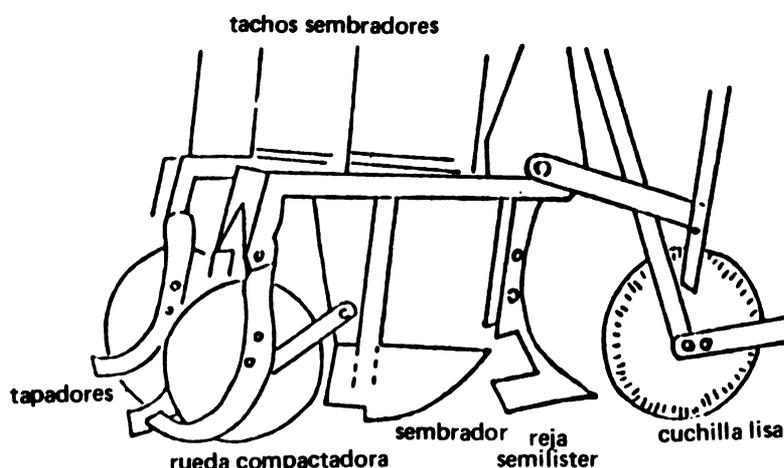


Figura 3. Equipo semilister de siembra directa.

- F – Siembra directa con semilister y control de malezas con herbicidas totales y labores culturales.

La siembra se realiza a 70 cm entre líneas con una densidad de 30 semillas viables por metro lineal después de cosechado el trigo.

Los herbicidas utilizados son: para el sistema convencional, Trifluralina; para el sistema de siembra directa, Paraquat y Metribuzin. Estos últimos se aplican mezclados en el mismo tanque con 250 litros de agua por hectárea, antes de la siembra.

Se utiliza un diseño de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Cada parcela tiene 14 x 50 m y los tratamientos ocupan el mismo lugar todos los años.

El cultivo del trigo se siembra en forma convencional en todo el ensayo y se cosecha por parcelas para evaluar efectos residuales de los diferentes tratamientos de la soja.

Este ensayo continuará realizándose para seguir evaluando en el tiempo, los efectos de la labranza sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Resultados y Conclusiones

Los rendimientos promedio de 12 años para soja y de 10 años para trigo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de soja y trigo.

TRATAMIENTOS PARA LA SOJA	SOJA (kg/ha)	TRIGO (kg/ha)
A	1846 a	1701 bc
B	1814 a	1682 c
C	1921 a	1886 ab
D	1801 a	1898 ab
E	1918 a	1922 a
F	1836 a	1923 a

Nota: Los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente según Tukey con $p = 10$ o/o.

En soja no se detectaron diferencias significativas de rendimiento entre tratamientos, no obstante, los rendimientos en los tratamientos de siembra directa con herbicidas residuales son ligeramente mayores, debido posiblemente a un mejor control de malezas.

En trigo, se observa una superioridad en los rendimientos para los tratamientos donde la soja se implantó con siembra directa. Esta diferencia puede ser debida a la mayor disponibilidad de rastrojos que permite ese sistema, en el momento de sembrar el trigo.

Los rendimientos medios anuales de soja y trigo muestran variaciones muy marcadas (Gráficas 1a y 1b pág. 51). Estas fueron debidas principalmente a la disponibilidad de agua en los momentos críticos de cada cultivo.

Si bien en algunos años los sistemas de labranzas presentaron diferencias significativas, éstas no responden a un determinado patrón, es decir, existe interacción entre tratamientos y años.



Gráfica 1a. Rendimiento de soja. Media anual del ensayo.



Gráfica 1b. Rendimiento de trigo. Media anual del ensayo.

En el Cuadro 2, se indican los valores de resistencia superficial a la penetración, los índices de agregación (0-20 cm) y los valores de materia orgánica (0-20 cm). Estas determinaciones se realizaron al final del ciclo de la soja (1986).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre la condición física y química del suelo.

TRATAMIENTOS	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pul ²)	M.O. (g/o/o)	INDICE DE AGREGACION (YODER)
A	25	2.77	0.055
B	21	2.67	0.077
C	40	2.67	0.125
D	30	2.71	0.106
E	34	2.80	0.081
F	38	2.70	0.108

Los valores de resistencia a la penetración indican una compactación superficial de suelo en el sistema de siembra directa mientras que el índice de agregación muestra una mejor estabilidad estructural para el mismo sistema. A su vez, no se aprecian diferencias significativas en materia orgánica (M.O.) de 0-20 cm para los diferentes tratamientos.

En el Cuadro 3 (pág. 53), se aprecian los valores de pérdida de suelo para el primer estadio (desde la siembra hasta un mes después) para soja y trigo, bajo dos sistemas de labranza obtenidos con lluvia simulada. Los valores ratifican los beneficios de la cobertura de rastrojo, especialmente para los cultivos de escarda.

En el Cuadro 4 (Gallaher, Lattanzi y Marelli, 1987) (pág. 53) se aprecian los valores de M.O., N,P y S, y además, los de K, Ca, Mg y pH, del suelo para la secuencia trigo/soja en dos sistemas de labranza SC y SD.

La M.O. tiende a ser mayor en SD, en los primeros cm de suelo. Los valores de N y S marcan una tendencia a ser mayores de SD, lo mismo sucede para K, Ca y Mg y para el pH.

Globalmente se puede concluir que, para 12 años de doble cultivo trigo-soja en el mismo lugar, los rendimientos de soja son similares para todos los tratamientos, mientras que los de trigo indican un aumento donde la soja se implantó con siembra directa. Si bien existen variaciones de

Cuadro 3. Valores promedio de pérdida de suelo (kg/ha). Pendiente 3 o/o. Intensidad de lluvia 60 mm/hora.

TIEMPO (min.)	TRATAM.	Soja 1er. Estadio		Trigo 1er. Estadio		Suelo Desnudo
		S C	S D	S C	S D	
1er. Lluvia 1 hora		1752	539	599	158	2351
2da. Lluvia 1/2 hora		846	276	681	155	1251
3er. Lluvia 1/4 hora		427	136	343	97	786

S C = Sistema Convencional; S D = Siembra Directa

Cuadro 4. Análisis químicos del suelo en la secuencia trigo/soja para SC y SD.

Prof. (cm)	M.O. (dg/kg)		N (mg/kg)		S (mg/kg)		P (mg/kg)		K (mg/kg)		Ca (mg/kg)		Mg (mg/kg)		pH Agua	
	SC	SD	SC	SD	SC	SD	SC	SD	SC	SD	SC	SD	SC	SD	SC	SD
	0- 5	2.9	3.6	1238	1613	150	169	137	109	491	670	2664	2493	302	337	5.9
5-10	2.8	2.7	1232	1287	147	151	90	80	459	446	2339	2365	296	296	5.9	6.0
10-15	2.5	2.6	1133	1209	142	139	83	73	443	444	2413	2416	330	371	6.1	6.0

algunas propiedades del suelo, éstas no son hasta el momento significativas. A su vez, los análisis químicos muestran, en general, a la SD como conservando mejor los nutrientes y cationes mayores.

Además de lo antedicho, es importante destacar, que la siembra directa es una técnica conservacionista efectiva, debido al efecto protector del rastrojo de trigo sobre el suelo. Ella permite además, entre otras cosas, adelantar la fecha de siembra y ahorrar energía y tiempo en la implantación del cultivo.

Literatura citada y consultada;

1. GALLAHER, R.; LATTANZI, A. y MARELLI, H. Chemical analyses of a Typical Argiudoll in Marcos Juárez, Córdoba-Argentina, affected by cropping system, tillage, and soil depth. Agronomy Research Report Ay 03, 1987.
2. MARELLI, H. et al. Pérdidas de suelos en la rotación trigo-soja en siembra directa. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, Argentina. 1980.
3. ————. Evaluación de la erosión hídrica en suelo labrado. Ciencia del Suelo. Vol. 2. No. 1, 1984.
4. MEYER, L.; W. WISCHMEIER y G. FOSTER. Mulch rate required for erosion control on steep slopes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 928-931, 1970.
5. MONDARDO, A. y BISCAIA, R. Controle da erosao. Plantio direto no Estado do Paraná. Circular IAPAR, No. 23, 33-42, 1981.
6. No - Tillage Research: Research Reports and Reviews. University of Kentucky. EE.UU.
7. Plantío Direto no Estado do Paraná. Circular No. 23, IAPAR, Paraná, Brasil, 1981.
8. Reunión Técnica de Cultivos sin Labranzas, 1a. EEA Marcos Juárez, INTA. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. 1977.
9. Reunión Técnica Nacional de Labranza Conservacionista, 2a. INTA - MAG - UNR Rosario, Santa Fe, Argentina. 1979.

// **TRABAJOS REALIZADOS EN LA SUBREGION DEL CHACO HUMEDO**

por Jorge [✓]Balderrama *

Las regiones del este y sureste de Bolivia presentan situaciones alarmantes, en las zonas dedicadas a la producción de soja. Esta situación presenta dos características:

1. La agricultura que obedece a planes de desarrollo.
2. A una presión demográfica, causada por el éxodo de poblaciones en busca de mejores condiciones, que para satisfacer sus necesidades, efectúan asentamientos en regiones marginales.

Las dos situaciones causan el deterioro de los suelos y se observa la pérdida del potencial productivo de los mismos, representada en la productividad de los principales cultivos, que se mantuvo estacionaria por varios años y que últimamente muestra una tendencia a disminuir.

Esta situación obedece a un manejo inadecuado de los suelos, a través de un intenso uso de maquinaria agrícola y de la destrucción de rastrojos, por un sobrepastoreo prolongado el que, a su vez, produce compactación de los suelos. A estas condiciones se añade un régimen de lluvias intensas sobre terrenos con pendiente. Se observan formaciones de cárcavas e inundaciones por la tala indiscriminada de los bosques.

La adopción de terrazas y siembras en contorno, como método exclusivo para la conservación de los suelos, no satisface plenamente su objetivo si no se adoptan prácticas adicionales, como mantenimiento de cobertura vegetal, manejo adecuado del suelo y de maquinaria agrícola.

La subregión del Chaco Húmedo en el sureste de Bolivia se caracteriza por presentar lluvias intensas en los meses críticos de preparación de suelos y siembra, en la que cae aproximadamente el 80 por ciento del total de las lluvias, sobre suelos desnudos y susceptibles a la erosión y que tienen pendientes entre el 2-8 por ciento. Las prácticas inadecuadas han provocado la erosión de los suelos y la disminución de su capacidad de producción.

Además de las condiciones físicas y del clima, el factor humano tiene mucho que ver con la destrucción del suelo y de las condiciones ambientales, lo que hace necesario llegar al campo con técnicas adecuadas.

El uso frecuente de equipos convencionales y a la misma profundidad ha provocado la pérdida de la estructura de los suelos, en la capa arable, en dos formas: la porción superficial pulverizada y sin restos vegetales, totalmente expuesta a la acción de los agentes de erosión y la

* *Ingeniero Agrónomo. Técnico del Proyecto Oleaginosas del IBTA. Casilla 49, Yacuiba, Bolivia.*

subsuperficial compactada que impide la infiltración del agua de lluvia y favorece así el escurrimiento superficial.

No se han realizado hasta el momento trabajos con el objeto de cuantificar las pérdidas de suelo; sin embargo, en observaciones de campo, se pudo evidenciar pérdidas de 8 cm de suelo, en seis años de uso. A estas pérdidas netas de suelos, se suma la formación de surcos y cárcavas con los inconvenientes en el tráfico de equipo y maquinaria.

Con el fin de dar solución inmediata a la erosión de suelos causada por el agua, se implantó un sistema de terrazas. Este permitió que los suelos se estabilizaran, pero las prácticas tradicionales no favorecieron el éxito total, siendo necesario implementarlo con las otras prácticas.

Con este fin, se ha planeado la introducción de siembras invernales, para aprovechar la humedad residual con culturas de cártamo, trigo, cebada y avena después de soja; y también leguminosas de invierno, como *Lupinus* y *Vicia* después de maíz. También se ha pensado en la labranza cero. Estas prácticas se llevarán a cabo en la Estación Experimental y en propiedades de pequeños y medianos agricultores.

Las terrazas, construidas con el fin de minimizar la erosión causada por el agua de escurrimiento, se diseñaron a los siguientes criterios: Pendiente del terreno; longitud de la pendiente; precipitación; características del suelo; superficie o tamaño de la propiedad y ubicación de la propiedad. Estas condiciones permitieron establecer: La distancia entre terrazas; longitud de las terrazas; ubicación de desagües y protección de desagües.

En la construcción de las terrazas se recomendó, como la alternativa más viable, el uso de la motoniveladora, por su eficiencia en la construcción y el precio conveniente.

Las distancias entre terrazas, se ajustaron a las recomendaciones del Dr. Ramón Ibarra de FAO, adoptándose los siguientes valores.

Pendiente Terreno o/o	Distancia entre terrazas m.
1 - 3	100
3 - 5	80
5 - 8	60

Con estas pendientes el agua de escurrimiento no adquiere velocidad ni fuerza como para provocar el arrastre de los suelos, siempre y cuando las precipitaciones sean normales. También es importante contar con el espacio necesario para el empleo de maquinaria agrícola.

Para llegar a los agricultores con esta práctica de conservación de suelos, se establecieron 15 áreas demostrativas en diferentes condiciones de pendiente e integradas con pequeños y medianos agricultores. El resumen de esta labor se indica en el cuadro adjunto.

Ha	Longitud Total Terrenos m.	Total horas Motoniveladora D-4	Costo Total \$us	Costo Promedio por Ha \$us
435	35542	197	9898	21

Los productores mostraron su interés en la adopción de estas prácticas.

Los trabajos tendentes a conservar los suelos se complementaron con campañas de difusión a través de cursillos, charlas, reuniones, publicaciones y afiches murales.

Es necesario recordar que "la verdadera esencia de la conservación de los suelos" no descansa sobre las realizaciones físicas de un gobierno o de instituciones, sino en la conciencia de los ciudadanos. Mientras la conservación de los suelos no sea entendida y practicada como un principio moral de conducta humana, no habrá posibilidad de asegurar la plena felicidad de los pueblos.

Para finalizar se incluye el UNDECIMO MANDAMIENTO del Dr. W.C. Loudermilk.

***"HEREDARAS TU SANTA TIERRA COMO SU FIEL
SIRVIENTE, CONSERVANDO DE GENERACION EN
GENERACION SUS RECURSOS Y SU PRODUCTIVIDAD
SALVAGUARDARAS TUS CAMPOS DE LA EROSION
TUS COLINAS DEL EXCESIVO PASTOREO, DE MODO QUE
TUS DESCENDIENTES PUEDAN DISFRUTAR DE ETERNA
ABUNDANCIA. SI FALLARAS EN ESTA SERVIDUMBRE A
LA TIERRA, TUS CAMPOS PEDREGOSOS Y ESTERILES Y
EN BARRANCAS INAPROVECHABLES, Y SUS
DESCENDIENTES DISMINUIRAN Y VIVIRAN EN LA
POBREZA O DESAPARECERAN DE LA FAZ DE LA
TIERRA."***

OPORTUNIDAD DE LA LABRANZA Y SUS EFECTOS

por Mario Ibáñez Cifuentes *

Introducción

Varios autores coinciden en definir a la labranza como la manipulación física que se aplica al suelo, con la intención de modificarle las características que afectan la germinación de la semilla y las primeras etapas de desarrollo de las plantas.

Esta práctica cultural que consulta la aplicación de araduras, rastrajes, rodillados y nivelaciones con diversos equipos y metodologías de operación, produce una importante alteración en la estructura del suelo, la que a su vez influye en el desarrollo del cultivo por ser determinante en la relación suelo-planta-agua.

El uso inapropiado de una herramienta de labranza, puede causar daños incalculables al suelo y no conseguir las características de cama de siembra deseadas. Una buena preparación del suelo debe emplear una metodología que congenie los requerimientos del cultivo que se desea establecer, con las características del suelo, disponibilidad de equipos, mano de obra especializada, tiempo disponible, superficie a trabajar y costos de operación.

Las técnicas de labranza que se aplican mayoritariamente en nuestra agricultura, no corresponden a investigaciones específicas realizadas sobre el tema, sino más bien a costumbres transmitidas desde generaciones anteriores. Muchas de ellas contienen valiosas experiencias que permiten resolver con éxito problemas de situaciones puntuales, pero otras en cantidad no menos importantes, inducen a cometer gruesos errores que ponen en peligro al suelo, el recurso natural más importante de la agricultura.

El propósito de este trabajo, es entregar algunas experiencias recogidas en el área remolachera del país (VI-X Región), relacionados con metodología y oportunidad de labranza, para el establecimiento de este cultivo.

Concepto de calidad en la preparación de suelos

Resulta muy difícil manejar un patrón o pauta general de medida que permita evaluar la calidad de una preparación de suelos, en atención a que los cultivos, por sus variadas aptitudes de desarrollo, tienen requerimientos de cama de siembra diferentes. Además, los suelos utilizados difieren en las características que la labranza pretende modificar en favor del cultivo.

* *Ingeniero Agrónomo, Departamento de Ingeniería Agrícola, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.*

Los factores de evaluación de una cama de siembra más empleados en nuestro medio, son:

1. Profundidad
2. Mullimiento
3. Compactación o firmeza.
4. Humedad.
5. Nivelación del microrrelieve.
6. Presencia de residuos vegetales en la superficie.

La mayor o menor dimensión de estos factores no puede ser calificada como buena ni mala, sin antes relacionarlos con los requerimientos del cultivo, medidas de conservación de suelo, costos operacionales, tiempo involucrado y otros.

Una cama de siembra profunda es fundamental para lograr raíces de remolacha bien desarrolladas. Sin embargo, a cultivos poco arraigadores, les resulta indiferente la aradura profunda o superficial, en la medida que no existan capas compactadas en el subsuelo que originen problemas de drenaje o limiten el desarrollo radicular. Del mismo modo, si el suelo cuenta con una estructura adecuada, no tiene sentido insistir en labores profundas, dado que ya existen en él las condiciones ideales para permitir el movimiento de raíces, gases y agua. (El éxito logrado por el método de siembra con labranza cero, demuestra este principio). De lo anterior se desprende que sólo se debe labrar el suelo en la medida que el cultivo lo requiera. Araduras profundas demandan mayor potencia y tiempo para hacerlo, hecho que incide fuertemente en los costos y oportunidad de siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Roturas a diferentes profundidades con arado de discos, en suelos arcillosos.

Profundidad de aradura cm	Suelo movido m ³ /ha	Tiempo empleado hr/ha (1)	Consumo petróleo H/ha (2)	Costo operación \$/ha (3)
10	1000	2.0	16	3.600
17	1700	2.5	20	4.500
23	2300	3.0	24	5.400
28	2800	3.5	28	6.300

(1) Miranda L. Carlos.

(2) Consumo de combustible tractor 8 lt/hr. a plena carga.

(3) Tarifa aradura. Chillán 1987 \$ 1.800/hr.

El grado de mullimiento de la cama de siembra debe guardar relación con el tamaño de la semilla, para establecer un íntimo contacto con ella y facilitar la transferencia de temperatura y humedad necesaria para su germinación. Cuando los agregados terrosos son demasiado grandes,

se crean bolsas de aire alrededor de la semilla, que la aíslan e impiden su germinación. El mullimiento exagerado, por su parte, tampoco es favorable, puesto que destruye la estructura, facilita la compactación y forma costras en la superficie con el agua de lluvia y riego, que impiden el libre acceso de la plántula.

La firmeza de la cama de siembra es fundamental para lograr un buen trabajo de la sembradora en la ubicación de la semilla. El laboreo excesivo suelta el suelo, afectando su estructura y acelerando la pérdida de humedad.

La nivelación del microrrelieve de la cama de siembra, es un factor dependiente del agua de riego y lluvia. El drenaje superficial se dificulta cuando microrrelieves accidentados afectan el escurrimiento superficial del agua. Sin embargo, ante el peligro de erosión, es deseable que esta superficie presente pequeños diques para reducir su velocidad de arrastre.

También es importante considerar la susceptibilidad del cultivo al exceso de agua, para definir las características del factor nivelación de la cama de siembra. Un suelo bien nivelado, será siempre deseable para optimizar el uso de las sembradoras, como ocurre en el caso de la siembra de remolacha con equipos de precisión, que ubican la semilla en los primeros 3 centímetros. El factor nivelación y mullimiento va perdiendo importancia, en la medida que se trate de semillas más grandes ubicadas a mayor profundidad.

Finalmente, la presencia de residuos vegetales en la superficie de la cama de siembra, es el factor que mejor grafica la idea central sobre el concepto calidad. Un cultivo de semilla pequeña que se ubica superficialmente en el suelo con sembradoras de precisión como la remolacha, requiere de un terreno libre de obstáculos que impidan el normal desplazamiento de los abridores de surco para garantizar una mayor uniformidad en la profundidad de siembra. Sin embargo, la presencia de residuos en la superficie de una cama de siembra para trigo sobre suelos con pendientes fuertes, susceptibles a erosionarse con el agua de lluvia, es una condición deseable para reducir la velocidad de arrastre y la consiguiente pérdida de suelo (Mulch).

Consecuentemente con lo anterior, la calidad se relaciona íntimamente con el logro de los objetivos que persigue la preparación de la cama de siembra para un cultivo, bajo condiciones determinadas. Por lo tanto, una buena cama de siembra es aquella que satisface las exigencias del cultivo que se desea establecer, lograda con un mínimo movimiento del suelo, tiempo y costos de operación.

Oportunidad y sus efectos

Cada cultivo tiene una fecha óptima de siembra determinada por los factores ambientales y características de desarrollo de las plantas. Numerosas investigaciones han demostrado que la fecha de siembra tiene una marcada influencia sobre los rendimientos del cultivo, donde la remolacha azucarera es uno de los más sensibles a este factor. Ensayos realizados por IANSA en la provincia de Linares, determinaron que un atraso en la fecha de siembra de 49 días generó una pérdida del 8,2 por ciento en los rendimientos, cifra que ascendió al 18,8 por ciento cuando el atraso fue de 65 días.

Siendo la preparación de suelo la faena previa a la siembra, resulta de fundamental importancia la oportunidad con que ésta se logre. No obstante se consiga la mejor cama de siembra, ésta no es deseable si no está disponible en la fecha requerida.

La oportunidad de preparación del suelo está limitada por los siguientes factores:

1. Superficie y características del terreno.
2. Tiempo disponible para la labranza.
3. Capacidad de trabajo del parque de maquinarias.
4. Metodología de labranza utilizada.

Visitas realizadas a predios remolacheros del país, me han permitido recoger una serie de experiencias que muestran las tendencias que siguen estos agricultores, en relación a la preparación de suelos.

Uno de los aspectos que se destaca con mucha claridad, es el especial interés del agricultor remolachero por hacer bien las cosas, motivado por la rentabilidad del cultivo y la favorable respuesta de los rendimientos a la calidad de la preparación de la cama de siembra. Resultados de repetidas investigaciones han demostrado que la preparación de suelos influye directamente en el establecimiento de una buena población de plantas de remolacha y ésta sobre los rendimientos del cultivo. Esta situación, sumada a la baja incidencia de las labores mecanizadas en los costos de producción (el costo aproximado de un rastraje equivale a 0,26 Ton/ha de remolacha limpia), alienta peligrosamente a los agricultores a exagerar el laboreo del suelo, lo que altera negativamente su estructura con el consiguiente alza de costos, pérdida de tiempo y oportunidad en la siembra. En su afán de hacer bien las cosas, el agricultor comete una serie de errores derivados del sobre laboreo, que favorecen la erosión y compactación del suelo. Frecuentemente confunde lo bueno con lo bonito. Numerosas labores de labranza buscan conseguir una zona de semillas finamente mullida, en circunstancias que esa condición es poco aconsejable por su gran facilidad a la compactación y sellado del suelo en presencia de lluvia o agua de riego.

Investigadores alemanes recomiendan dejar pequeños terrones en la zona de semillas, para evitar la formación de costras en la superficie que dificultan la emergencia de las plántulas.

Otro factor que también influye en la tendencia al sobre laboreo, es la formación de terrones, producto de una técnica equivocada de labranza, sobre suelos de textura media a pesada. Equipos de labranza de capacidad de trabajo insuficientes para atender la superficie comprometida con la debida oportunidad, permiten que el suelo arado se seque, con mayor rapidez en las zonas de mayor exposición al sol y viento, las que al ser separadas del suelo más húmedo por el rastraje, dan origen a los terrones. Esta situación exige aumentar el número de rastraje con el objeto de reducir el tamaño de los bloques, hecho que no siempre tiene éxito, pero sí que eleva los costos de operación y afecta la oportunidad de siembra. Una buena metodología evita la formación de terrones, introduciendo rastrajes oportunos en relación al contenido de humedad del suelo.

La condición friable representa el contenido de humedad más favorable para producir una fácil disgregación del suelo, pero a su vez, es el estado de más alta susceptibilidad a la alteración de la estructura y compactación, como lo muestra la Figura 1. Las ventajas del sistema de mínima

labranza, que busca crear las condiciones de cama de siembra ideal con el menor número de operaciones aplicadas con máxima oportunidad, demuestran la validez de la afirmación anterior.

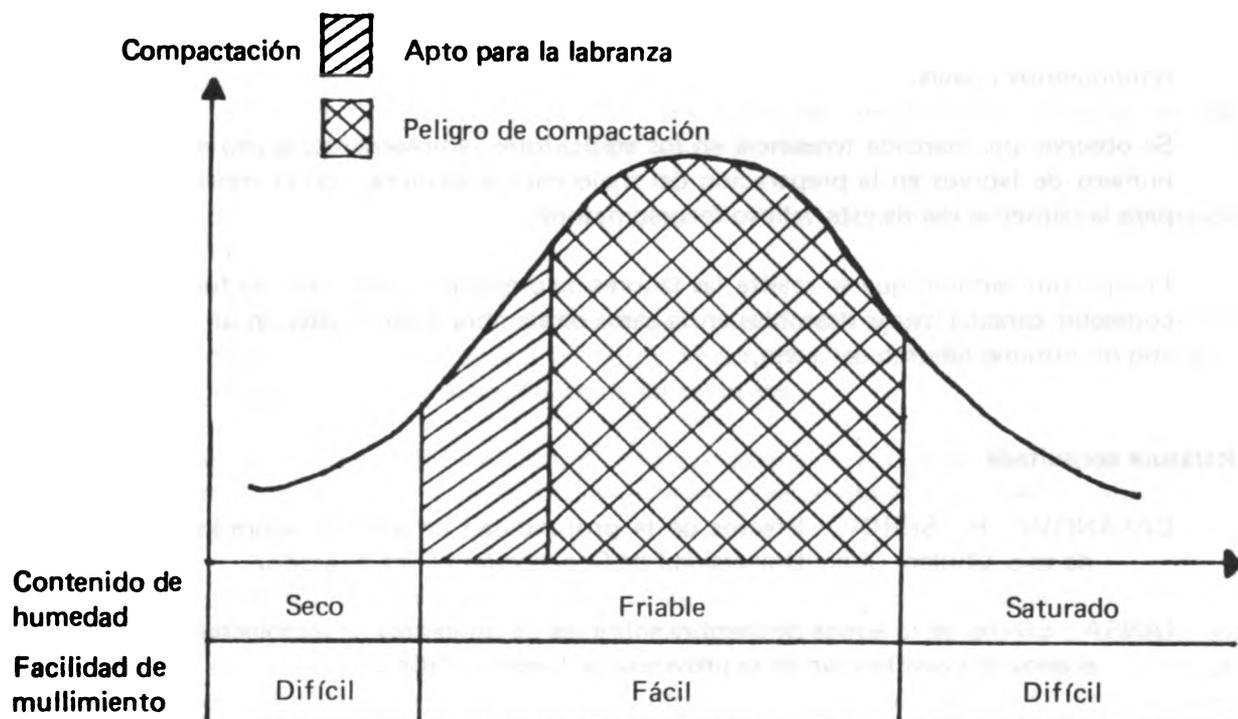


Figura 1. Oportunidad de labranza en relación al contenido de humedad del suelo y la compactación.

Otro aspecto que incide en el logro de una cama de siembra oportuna, es la capacidad de trabajo del agricultor. Tractores con equipos de labranza de capacidad limitada, no permiten preparar el suelo con la rapidez que fuera necesario para evitar pérdidas de humedad o realizar las faenas en el plazo exigido por la fecha de siembra óptima para el cultivo. El uso de tractores de potencia y capacidad adecuada a la cantidad de trabajo que se pretende realizar, significa oportunidad al más bajo costo y con menos problemas administrativos.

El parque de tractores en Chile es de una potencia promedio de alrededor de los 75 HP, con un pequeñísimo porcentaje de unidades de 100 o más HP. Superficies mayores de 200-250 ha de cultivo y condiciones de clima de alta pluviometría, justifican la presencia de equipos de alta capacidad de trabajo para conservar un nivel aceptable de oportunidad en las faenas de preparación de suelos y siembra.

Conclusiones

1. El exceso de laboreo destruye la estructura del suelo, dejándolo propenso a la compactación y pérdida por concepto de erosión. Una buena cama de siembra debe satisfacer los requerimientos del cultivo que se desea establecer, y ser lograda con el mínimo laboreo del suelo, tiempo y costos de operación posibles.
2. La oportunidad y calidad de la preparación de suelo influye directamente en el establecimiento de una buena población de plantas de remolacha y ésta es determinante en los rendimientos finales.
3. Se observa una marcada tendencia en los agricultores remolacheros, al uso de un exagerado número de labores en la preparación del suelo para la siembra, con el consiguiente peligro para la conservación de este valioso recurso natural.
4. La oportunidad con que se realiza las labores de preparación del suelo, es fundamental para conseguir características deseables en la cama de siembra a bajo costo, en un corto tiempo y con un mínimo laboreo del suelo.

Literatura consultada

1. CASANOVA, H., SERGIO. Efectos de la profundidad de aradura sobre los rendimientos de soja, Chillán, Chile, Universidad de Concepción (Tesis de grado).
2. IANSA. Efecto de la época de siembra sobre los rendimientos de remolacha. Resultados de 6 años de investigación en la provincia de Linares. 1964-70.
3. MIRANDA L. CARLOS. Efecto de la profundidad de aradura sobre los rendimientos de remolacha. Chillán, Chile. Universidad de Concepción 1975. (Tesis de grado).
4. PUENTES H., JUAN. Métodos de preparación de suelos para remolacha con labores mínimas. Chillán, Chile. Universidad de Concepción 1976. (Tesis de grado).
5. SCHMIDT, HELMUT. Siembra de remolacha en Alemania Occidental. Conferencia. Chillán, Chile. Universidad de Concepción. 1984.
6. THOMPSON D., CARLOS. Efectos del contenido de humedad del suelo sobre la calidad de la aradura. Chillán, Chile. Universidad de Concepción 1974. (Tesis de grado).

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

por Carlos Crovetto

Resumen

Siembras de trigo *Triticum aestivum* en cero labranza fueron experimentadas en suelo alfisol, de alta pluviometría invernal en la costa de Chile Central.

Se estudiaron dos situaciones experimentales: 1) Trigo sobre trigo y 2) Trigo en rotación con maíz, por cinco años.

Se analizaron comparativamente con suelo bajo cultivo: nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio de bases, Micorriza Vesículo Arbuscular, lombrices de tierra, mal del pie negro y efectos alelopáticos de los rastrojos.

Se usaron: sembradora cero labranza, picadora de rastrojos, aplicadora de herbicidas (C.D.A), fertilizantes y mezcla de melaza con urea. Los excesos de rastrojos de trigo fueron removidos por una carga animal.

Los rendimientos aumentaron en trigo sobre rastrojo de maíz, no observándose efecto alelopático; trigo en sucesión no presentó más problemas patológicos que en siembras tradicionales. No se observó alelopatía negativa en trigo en sucesión con menos de 3 tm de paja por ha. En cero labranza el hongo del mal del pie negro *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* dañó un 2 por ciento de las plantas de trigo y en siembra tradicional el daño fue promedio 18 por ciento.

Se observó un fuerte aumento de la actividad del hongo Micorriza Vesículo Arbuscular, responsable de una mejor nutrición del trigo. Igual situación se observó con lombriz de tierra.

El manejo del rastrojo precedente, incluyó picado y desparramado, lo que junto con aplicaciones de melaza y urea, mejoró la palatabilidad de la paja consumida por los vacunos.

La cero labranza en siembras de trigo detiene los procesos erosivos, mejora los aspectos físico-químicos del suelo, eleva los títulos biológicos y mejora sus características edáficas.

Introducción

La cero labranza (C.L.) es una nueva práctica agronómica de manejo de suelo que permite sembrar sin arar, rastrear o cultivar, efectuándose la siembra sobre los rastrojos precedentes. Se ha

* *Ingeniero Agrónomo. Técnico de SOCOSCHI, Maipú 1201, Concepción, Chile.*

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 granfítico de la cordillera de la costa de Chile Central, como una forma agronómica de producir trigo sin deteriorar la estructura del suelo y sus parámetros productivos.

Antecedentes experimentales

Desde hace casi dos 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 praderas de 15 años.

En la siembra tradicional los equipos usados fueron arado de punta de tracción animal y rastra de discos. Los rastrojos de trigo fueron dejados en todas las experiencias hasta tres tm/ha. El exceso de rastrojo fue removido por ganado Hereford. Los rastrojos fueron tratados directamente en el terreno con melaza y urea a dosis de 100 l y 5 kg respectivamente, disuelto en 100 l de agua por tm de paja tratada. Se diseñó un carro estanque con dos aspersores de ángulo parcial ubicados en la parte superior 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 choper 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 siembras de trigo sobre rastrojo de maíz no se usaron herbicidas de presiembra.

Se establecieron parcelas experimentales de 1 ha.

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

En todas las parcelas experimentales se usaron variedades de trigo precoz, sembrados en otoño: Onda y Millaleu 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 de iniciadas las lluvias de otoño.

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

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

1. Trigo sobre trigo

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
Tradicional **				
Iloxan (Hoechst)	Diclofop Metil	Malezas 2 - 4 hjs	2.00 l	—
Banvel D (Bayer)	Dicamba	Macolla	0.25 l	m/e
M.C.P.A. 750 (Dow)	M.C.P.A. 750	Macolla	1.00 l	m/e
Cero Labranza				
Roundup (Monsanto)	Glifosato	Pre-siembra	2.00 l	m/e
2-4-D 480 (Dow)	2-4-D	Pre-siembra	1.50 l	m/e

p-c = Producto comercial

** También fueron usados post emergente en C.L.

m/e = Mezcla estanque

* Se aplicó 2 - 3 semanas previo a la siembra con equipos (C.D.A.) de gota controlada.

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

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. Posteriormente se aplicó urea en las dosis descritas en el Cuadro 2.

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

Año	Cultivo	Tratamiento Tradicional		Tratamiento cero labranza	
		N	P	N	P
1982	Trigo	180	46	180	46
1983	Trigo	215	46	215	46
1984	Trigo	220	46	220	46
1985	Trigo	240	46	240	—
1986	Trigo	240	46	240	—

2. Trigo sobre rastrojo de maíz

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
Tradicional y Cero Labranza				
M.C.P.A. 750 (Dow)	M.C.P.A. 750	Macolla	1.00 l	m/e
Banvel D (Bayer)	Dicamba	Macolla	0.25 l	m/e

p-c = Producto comercial

m/e = Mezcla estanque

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

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

Año	Cultivo	Tratamiento Tradicional		Tratamiento Cero Labranza	
		N	P	N	P
1982	Trigo	180	46	180	46
1983	Maíz	260	92	260	92
1984	Trigo	220	46	220	46
1985	Maíz	320	92	320	92
1986	Trigo	240	46	240	—

Sólo se aplicó urea como fertilizante post-emergente en dos dosis de 45 unidades cada una. A partir de 1986 no se aplicó fósforo en las siembras de trigo. (Cuadro 4)

Resultados y discusión

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.

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 mejoramiento gradual de los rendimientos de trigo. La aplicación de urea con la sembradora fue importante en el vigor inicial de las plantas.

La caída de los rendimientos observado en el último año se debió probablemente a siembra tardía por otoño lluvioso y a la tendidura provocada por viento y lluvia durante el llenado de grano.

La rotación de 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. Quizá este sea un problema de vital importancia en el manejo de los herbicidas llamados residuales, por cuanto el control de malezas 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 planta de trigo. Esta intolerancia a excesos de rastrojos se debe probablemente a efectos alelopáticos (Putnam, 1983). Por esta razón las siembras se efectuaron a las seis semanas de originadas las primeras lluvias de otoño (Elliot et al, 1978).

La paja de trigo 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. 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 8 semanas (Guenzi, 1967).

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

En Australia, Kimber observó que los rendimientos de trigo eran más bajos cuando el otoño era seco y cuando las primeras lluvias coincidían con la siembra sobre rastrojo de trigo (Kimber, 1967). 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 rectifica el desbalance en la relación C/N. En las siembras experimentales

se agregaron 20 kg de N (urea) por tm de rastrojo presente. Este N se ha agregado en los cinco años que dura el ensayo y aparentemente se requerirá por un período aún más largo. La dosis ya señalada es independiente a la que requiere el cultivo. Se usó preferentemente N en forma amoniacal (Fig. 1 b).

La aplicación de los fertilizantes en otoño-invierno con la sembradora en bandas junto con la semilla, no evidenció daño en la germinación, aún en dosis de 200 kg urea/ha. 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 pie", 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 período experimental un promedio de 18 por ciento de las plantas, 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 por ciento disminuyendo al final del período a 14 por ciento (Cuadro 5 y 6).

Cuadro 5. Rendimientos en siembras de trigo sobre rastrojo de trigo**

Año	Tradicional tm/ha	Cero Labranza tm/ha
1982	2.6	2.5
1983	2.5	3.2
1984	3.0	3.8
1985	4.8	5.6
1986 *	3.7	4.3

* Siembra tardía por otoño lluvioso.

** Los rastrojos de trigo al momento de la siembra no excedieron de 3 tm/ha.

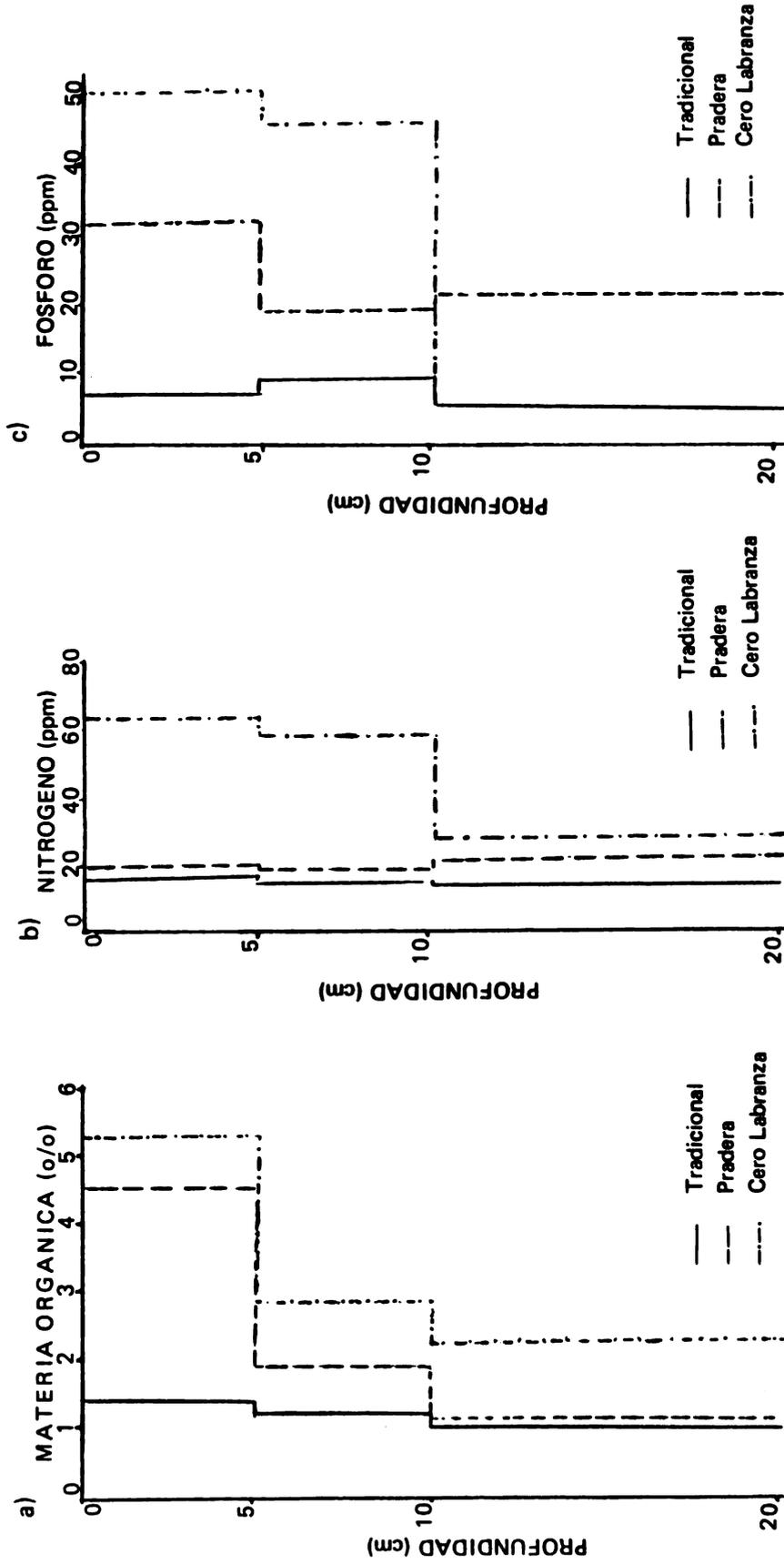


Figura 1

Cuadro 6. Rendimientos en siembras de trigo sobre rastrojo de maíz **

Año	Tradicional tm/ha	Cero Labranza tm/ha
1982	2.4	2.8
1984	3.2	4.0
1986 *	3.9	4.5

* Siembra tardía por otoño lluvioso.

** Los rastrojos finales de maíz al momento de la siembra fueron superiores a 6 tm/ha.

En los cinco años que tiene el ensayo de trigo sobre trigo C.L. no se ha detectado la presencia del mal del pie más allá de un 2 por ciento 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 bacteriófaga, bacteriolítica o bacteriostática, la que compete directamente con el patógeno (Demolon, 1965).

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

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, lo que es concordante con un aumento en el fósforo soluble o disponible (Borie, 1981). Este microorganismo 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 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. El aumento en la población de M.V.A. es similar al del fósforo disponible (Fig. 1 a y Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de Micorriza Vesículo Arbuscular (M.V.A.)

Manejo	Profundidad	No. Esporas x 100 g suelo	Micelio	Infección raíces o/o
Cero Labranza	0 – 20	216	***	27
Pradera	0 – 20	75	**	13
Convencional (arado)	0 – 20	56	*	19

*** Abundante

** Regular

* Escaso

Debido a este fenómeno de notables proporciones, a partir de 1984 no se usa fósforo en siembras de trigo, hecho que se ratifica por el contenido de P disponible en suelos bajos C.L.

En la rotación trigo-maíz C.L. se usa desde 1985 en el cultivo del maíz, hiperfosfato como fuente de P (32 o/o P 205).

Este fosfato tricálcico de uso poco común en Chile en los últimos 20 años, tiene notables ventajas en la acción de la M.V.A.. Sieverding menciona el efecto beneficioso en la gran mayoría de los cultivos, comparativamente con los fosfatos monocálcicos 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 (Sieverding, 1984).

Durante el período experimental se observó que los rastrojos bien manejados evitan los procesos erosivos del suelo, aumentan 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 cítrico, málico, tartárico etc. El ácido cítrico al combinarse con el amonio existen en el suelo, forma citrato de amonio, compuesto activo en la liberación de fósforo. Este hecho es especialmente válido en suelos alofánicos, con alto contenido de Al.

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 (5-15 meq/100 g). Sin embargo, después de 15 años de praderas y 5 de C.L. la 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 fríos y de alta pluviometría invernal, el aumento de la C.I.C. es importante en el aprovechamiento del amonio (NH₄⁺), el cual es retenido por la fracción coloidal del suelo hasta que la planta lo puede utilizar o se transforme en nitrato. Este fenómeno es importante cuando el crecimiento vegetativo de la planta es bajo y los fertilizantes nítricos quedan susceptibles a lixiviación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Caracterización química por tratamiento

Prof. (cm)	N M.O. (o/o)	P	pH	meq/100 g								S.B. (o/o)
				N	P	K	C.I.C.					
				ppm			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	

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 del 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 la 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 en 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 (Fig. 1 a), especialmente en los primeros cinco 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 unidades por m ²	Pradera unidades por m ²	Cero Labranza unidades por m ²
0 – 5	1	28	67
5 – 10	2	12	40
10 – 15	0	1	1

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 – La 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.

Literatura citada y consultada

1. APABLAZA, G.E. Enfermedades tradicionales del trigo y su control. In: Proc. Seminario de trigo. Pont. Univ. Católica de Chile, Dept. Ciencias Vegetales, Santiago pp 9.1 - 9.16. 1985.
2. BOCKUS, W. W. Effects of fall infection by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and triadimenol seed treatment on severity of take-all in winter wheat. *Phytopathology* 73: 540-543. 1983.
3. BORIE, F. & BAREA J.M. Ciclo del Fósforo: II Papel de los microorganismos y su repercusión en nutrición vegetal. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 40 (11-12): 2365-2381. 1981.
4. CROVETTO, C. Importancia de los residuos de cosecha en la producción agrícola. *Próxima Década* 2(14): 13-15. 1983.
5. DEMOLON, A. *Dinámica del Suelo*. 5a. ed. Omega, Barcelona, pp 419-436. 1965.
6. ELLIOT, L.F.; McCALLA, T.M. & WAISS, A. Phytotoxicity Associated with residue management. In: *Crop residue management systems*. ASA Special Publication. No. 31 pp 131-146. 1978.
7. GUENZI, W.D.; McCALLA, T. M. & NORSTADT, F.A. Presence and persistence of the phytotoxic substances in wheat, oat, corn and sorghum residues. *Agron. J.* 59: 163-165. 1967.
8. KIMBER, R.W.L. Phytotoxicity from plant residues I. The influence on rotted wheat straw on seeding growth. *Austr. J. Agric. Res.* 18: 361-374. 1967.
9. LAL, R. S/F. No-Tillage farming in the tropic. In: *No-Tillage Research: Research Reports and Reviews*. Phillips, R.E.; Thomas, G.W. and Blevins, R.L., Editors. pp 103-157.
10. McCALLA, T.M.; GUENZI, W.D. & NORSTADT, F.A. Microbial studies of phytotoxic substances in the stubble mulch system. *Z. Allg. Mikrobiol.* 3: 202-210. 1963.
11. PUTNAM, A.R. Allelopathic Chemicals. In: *Special reports C & EN*, April 4. pp 34-45. 1983.
12. SIEVERDING, E.; SANCHEZ, M. & BRAVO, N. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. In: *Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas*, Univ. Nacional de Colombia, Palmira. pp 15-38. 1984.

“EFECTO DE LAS LLUVIAS INVERNALES SOBRE EL MANEJO DEL CULTIVO DEL TRIGO EN EL SECANO COSTERO DE LA VI REGION DE CHILE”

por Elías Letelier A. *

Introducción

El daño provocado al cultivo del trigo por un exceso de lluvias invernales ha sido reconocido desde hace mucho tiempo.

Demolón (1950), resumiendo estudios efectuados en la Región de París indica que “los años de gran producción corresponden a inviernos secos (menos de 100 mm para la suma de las precipitaciones en Diciembre, Enero y Febrero)”.

Azzi (1959) indica para Italia los siguientes “equivalentes pluviométricos por exceso” para el trigo:

- período siembra a principios de macolla: 205 mm
- período de macolla 60 mm

Esto significa que sobre los valores de estos equivalentes, es más probable que se produzcan rendimientos bajo el promedio que sobre el promedio.

Papadakis (1954) señala relaciones semejantes observadas en Túnez y Grecia.

En Chile el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 1971), ha señalado también que los años secos de invierno tienden a ser más productivos en el caso del trigo que los muy húmedos.

Los síntomas que provoca un exceso de humedad en la planta de trigo son especialmente clorosis y manchas necróticas en las hojas inferiores; además aparecen diversas evidencias de ataques fúngicos. En algunos casos la clorosis abarca la totalidad de la planta. Si el exceso de humedad ocurre poco después de la siembra, la germinación es muy afectada.

Factores a los que se atribuyen los efectos dañinos del exceso de humedad y de las lluvias sobre el cultivo del trigo

Los factores que generalmente se citan afectando negativamente al cultivo del trigo en condiciones de exceso de humedad son las siguientes:

* *Ingeniero Agrónomo, Estación Experimental La Platina del INIA. Casilla 439/3, Santiago, Chile.*

- falta de oxígeno en el sistema radicular (Russell, 1977); (Greenwood, 1968); (Taylor, 1977) y (Stolzy, 1971),
- presencia de sustancias tóxicas producidas en un ambiente reductor (Russell, 1977); (Duthion y Mingeau, 1976) y (Grade, 1966).
- deficiencia de nitrógeno provocada por lixiviación de los nitratos o por desnitrificación (Demolón, 1950); Papadakis, 1954); (Russell, 1971); (Pochon y De Barjac, 1958) e (INIA, 1971),
- proliferación de enfermedades (Campbell y Hendvix, 1971) y (Johnson, 1947),
- menor desarrollo radicular (Azzi, 1959 y Johnson, 1947),
- pérdidas de germinación de la semilla (INIA, 1971 y Letelier y Novoa, 1982), y
- disminución de la absorción de iones, especialmente de nitratos (Drew y Sisworo, 1979),

La lluvia excesiva "per se" produce algunos efectos negativos que son bastante evidentes, especialmente en suelos con drenaje restringido: erosión, dispersión de los agregados del suelo, atrasos en la siembra (INIA, 1971). En algunos casos, las lluvias ayudan a la difusión de enfermedades (Caglevic, 1982).

Cuánta de las lluvias invernales en las diversas regiones trigueras del mundo

En el Cuadro 1 (pág. 79) se indican los promedios de lluvias invernales de diversas localidades dentro de regiones productoras de trigo. Puede apreciarse que los inviernos de características hídricas mediterráneas tienden a ser más lluviosos que aquellos que no tienen estas condiciones. En Chile, los inviernos de régimen hídrico mediterráneo son también muy lluviosos. Las localidades de régimen hídrico marino tienen un invierno más lluvioso aún.

Efectos del exceso de lluvias invernales en Chile

El efecto negativo más visible y de mayor importancia a largo plazo del exceso de lluvias invernales en Chile es, sin duda, la erosión hídrica. El cultivo del trigo es el principal causante de este tipo de erosión y, a su vez, es el que más sufre sus consecuencias. Este cultivo ocupa una gran cantidad de suelos de pendientes entre 5 y 30 por ciento, algunos muy susceptibles a la erosión.

Cuando comienzan las lluvias a fines de otoño los suelos dedicados al trigo se encuentran en barbecho, sin cubierta vegetal que los defienda de la erosión hídrica y esta situación se mantiene en cierto grado hasta que el cultivo cubre el suelo, lapso que es de unos 2 meses por lo menos.

Un estudio efectuado por IREN en 1965 indica que, en esa fecha, un 59 por ciento de los suelos costeros presentaban algún grado de erosión, en muchos casos severa; esto representa cerca

Cuadro 1. Lluvias invernales en diversas Regiones trigueras. (mm)
 Hemisferio Sur : Suma Mayo, Junio, Julio, Agosto
 Hemisferio Norte : " Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero

REGIMEN HIDRICO	CHILE		OTROS PAISES	
Mediterráneo	Santiago	284	Alger (Algeria)	450
	Hidango	690	Roma (Italia)	361
	Cauquenes	558	Perth (Australia)	609
	Talca	548	Red Bluff (California)	404
	Humán	693	Jerusalém	483
	Chillán	702	Ciudad del Cabo	390
	Angol	628		
	Remehue	808		
No Mediterráneo (En Chile: marino)	Carillanca	840	Cambridge (Inglaterra)	194
	Valdivia	1448	Chicago (EE.UU.)	220
	Concepción	847	Sidney (Australia)	449
	Loncoche	1213	París (Francia)	173
	Purranque	882	Labulaye (Argentina)	130
	Mauñín	944	Junín (Argentina)	200
	Castro	1135	Región Central Sur (Uruguay)	306

de 3 millones de has. En la ex-provincia de Colchagua (actualmente VI Región) este porcentaje es de 52 por ciento. Además de la erosión, el impacto de las lluvias provoca la dispersión y destrucción de la estructura del suelo. Es difícil medir cuanto significa este factor como merma de la productividad, pero es corriente ver como, en suelo excesivamente pulverizado, el suelo se "plancha" después de las lluvias y la emergencia de las plántulas se ve disminuida, ya sea por falta de oxígeno, ya por enconstramiento de la superficie. Además, este fenómeno colabora a la erosión, facilitando el arrastre de las partículas terrosas.

Los dos fenómenos señalados anteriormente tienen, indudablemente, un efecto negativo en el largo plazo sobre los rendimientos del trigo. Hay otros efectos del exceso de lluvias invernales que producen una disminución en la cosecha de trigo inmediata. Entre estos efectos deben citarse los siguientes:

- atrasos en las siembras,
- pérdidas de germinación,
- inmovilización o pérdidas de nitrógeno, y
- exceso de malezas

El programa de Ecología y Manejo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 1971) hizo un estudio de correlación entre precipitaciones y rendimientos del trigo entre los años 1950 a 1960 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre rendimiento de trigo y lluvias ponderadas en diversas provincias, 1950-60

PROVINCIA	COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		
	LLUVIA TOTAL DEL AÑO	LLUVIA EN EL PERIODO DE SIEMBRA	LLUVIA EN EL PERIODO DE ESPIGADURA
Santiago	-0,532	-0,166	-0,364
O'Higgins	-0,823	-0,479	-0,207
Colchagua	-0,619	-0,328	-0,055
Talca	-0,724	-0,712	-0,327
Maule	-0,471	-0,404	-0,195
Linares	-0,790	-0,718	-0,084
Ñuble	-0,584	-0,514	-0,192
Concepción	-0,511	-0,337	-0,246
Bío-Bío	-0,262	-0,124	-0,106
Malleco	-0,538	-0,160	-0,342
Cautín	-0,090	-0,026	0,413
Valdivia	-0,108	-0,324	-0,001
Osorno	-0,024	-0,104	-0,232
Llanquihue	-0,329	-0,429	0,059

Puede observarse una casi totalidad de correlaciones negativas entre cantidad de lluvias y rendimientos, no obstante que una parte importante de los caso estudiados corresponden a condiciones de secano.

Las correlaciones se mantienen negativas, aún para las lluvias correspondientes al período de espigadura, período en el cual el déficit de humedad es, generalmente, bastante crítico.

En dicho estudio, se atribuye esta correlación negativa a los siguientes factores: pérdidas de germinación, atrasos en la siembra y lixiviación de nitratos.

Llama la atención en el Cuadro 2 que la correlación negativa tiende a disminuir de valor hacia las localidades más australes, que son las más lluviosas. Una posible explicación de este hecho es que hacia el sur, una gran parte del cultivo del trigo se efectúa en suelos volcánicos (andosoles) cuya buena permeabilidad y estructura disminuyen los efectos negativos del exceso de lluvias.

Otra explicación podría ser que en el norte, el exceso de lluvias invernales afecta el desarrollo de las raíces y el cultivo es afectado negativamente por este hecho al llegar la sequía de primavera. Esto sucedería en menor grado en el sur, donde las sequías primaverales son más escasas.

Suelos del secano costero de la VI Región

Los suelos en que se han verificado estas observaciones están formados sobre terrazas marinas. Son de textura predominantemente arcillosas. No obstante estas características, su permeabilidad es buena y rara vez presentan apozamientos importantes después de las lluvias.

En el Cuadro 3 se indica la capacidad de retención de agua de 24 suelos de esta zona.

Cuadro 3. Capacidad de campo hasta 140mm. de profundidad de 24 suelos ubicados en el secano costero de la VI Región

Sobre 500 mm.	11
Entre 400 y 500 mm.	5
Entre 300 y 400 mm.	4
Entre 200 y 300 mm.	2
Menos de 200 mm.	2

Durante el invierno la humedad del suelo se mantiene cerca de la capacidad de campo, pero hay períodos de lluvia que duran varios días en los cuales el suelo se presenta sobresaturado durante un lapso que es probablemente perjudicial.

El pH promedio de estos 24 suelos fue de 6,3 y el nivel de materia orgánica, de 2 por ciento (profundidad 0-20 cm).

Los suelos del secano costero, formados en gran parte sobre terrazas marinas y terrazas remanentes tienen una topografía menos abrupta y son menos erosionables que el conjunto de los suelos costeros. Por ejemplo, en la comuna de San Pedro la serie de suelos La Manga (terrazza marina) tiene un 49 por ciento de su superficie con capacidad de uso III y IV, en cambio en esa misma comuna la serie Cauquenes (granítico, típica del secano interior) sólo tiene un 2 por ciento de su superficie en esa categoría de suelos (Mella et al., 1977).

Lo anterior no quiere decir que no haya erosión en las terrazas marinas, ella existe especialmente en los taludes que circundan las quebradas que separan las terrazas y es grave en las propiedades de pequeños agricultores, quienes cultivan sus suelos con mucha frecuencia.

Observaciones y experimentación relacionadas con el efecto del exceso de lluvias sobre el cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región

1. Efecto de la corrugación

Sembrando sobre terreno corrugado, las raíces quedan más pronto libres del exceso de agua, después de las lluvias. Se efectuaron ensayos de siembra sobre corrugaciones durante dos años (Letelier y Ubilla, 1985). En 1983 (año seco) no hubo diferencias entre los rendimientos sobre corrugaciones y siembra normal. En 1984 (año húmedo) las diferencias a favor de la corrugación fueron muy significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la corrugación en un año seco y en un año húmedo. Rendimientos, qq/ha. (*)

TRATAMIENTOS	1983 LLUVIA INVERNAL 643 mm.	1984 LLUVIA INVERNAL 1191 mm.
Sin corrugar	44,9	50,7
Corrugación de 4 cm. de altura	—	50,2
Corrugación de 10 cm. de altura	42,8	60,2
Corrugación de 13 cm. de altura	—	61,3

(*) Ensayos efectuados en la Subestación Experimental Hidango.

En 1983, el efecto negativo del exceso de lluvias invernales fue moderado además por las condiciones físicas del perfil del suelo, de textura menos arcillosa que en 1984.

La corrugación se puede realizar con diversos instrumentos: arado de vertedera, melgador, corrugador nepalés etc.

En estos ensayos las corrugaciones de 13 cm se hicieron por medio del corrugador que se muestra en la Figura 1 cuyos elementos están separados 40 cm.

Previamente se sembró y se aplicó el fertilizante al voleo; enseguida se pasó el corrugador, el que, además de corrugar deja enterrada la semilla y el fertilizante. Las plantas emergen solamente en la parte superior del camellón.

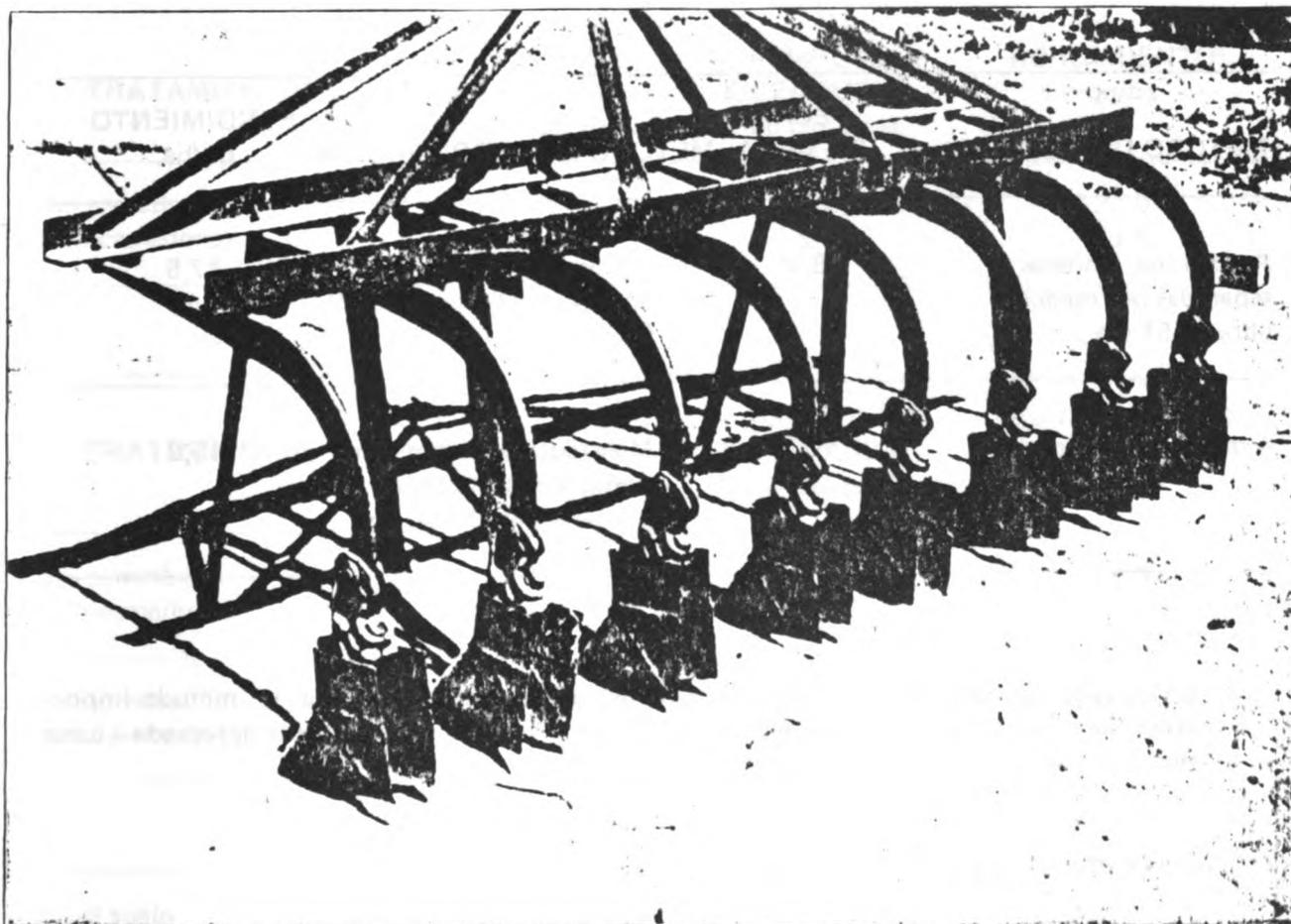


Figura 1. Implemento utilizado para efectuar la corrugación de 13 cm de altura indicada en el Cuadro 4. Las zapatas están separadas 40 cm.

Los resultados de estos experimentos han sido refrendados en la zona a través de una siembra experimental controlada por el grupo de Transferencia de Tecnología de la Estación Experimental La Platina (Zolezzi, 1987). Estas siembras se efectuaron en suelos franco-arcillo-arenosos de mal drenaje, con una conductividad eléctrica sobre 6 mmhs/cm. La altura de los camellones o platabandas obtenidas con los diversos métodos empleados fue inferior a los 10 cm. Los resultados se encuentran en el Cuadro 5. Puede apreciarse que los rendimientos son satisfactorios en relación a las condiciones del suelo.

Cuadro 5. Siembras con sistema corrugado efectuado en el fundo Santa Elena de Mallarauco del Sr. Fernando Schmidt, 1986. Datos proporcionados por el Ing. Agrónomo Sr. Marcelo Zolezzi.

METODO DE SIEMBRA	FECHA SIEMBRA	METODO DE CORRUGACION	RENDIMIENTO qq/ha.
A máquina, e hileras separadas por espacio libre de 51 cm.	8/V	Arado de palo con caballo en espacios libres el 20/VI	47,5
A máquina, tradicional	10/V	Melgadura posterior a la siembra con tractor de 5 puntas separadas 60 cm.	45,0

La corrugación, además de favorecer los rendimientos, puede constituir un método importante para controlar la erosión siempre que se dé a los surcos la pendiente apropiada a cada tipo de suelo.

2. Concentración del agua invernal mediante bordes

En 1983 (año de invierno normal) y 1984 (año de invierno lluvioso) se efectuaron en la Subestación Experimental Hidango ensayos que apuntaban a exagerar el efecto de las lluvias invernales por medio de bordes o camellones que rodeaban a las parcelas, bordes que se instalaron inmediatamente después de la siembra.

En el Cuadro 6 se indican el Nitrógeno asimilable en el suelo y la humedad hasta 60 cm de profundidad, medidas a fines de Octubre y los rendimientos. Anexo a este Cuadro se indica también para el año 1984 la suma de Nitrógeno asimilable en el suelo hasta 1.40 cm más el Nitrógeno absorbido por el cultivo en la misma fecha.

Puede observarse que con excepción de un pequeño aumento de rendimiento para el tratamiento con bordes en el año más seco de 1983 y algo más de Nitrógeno en el cultivo en 1984 se puede decir que no ha habido diferencias entre ambos tratamientos.

Parecería existir una contradicción entre estos resultados y los señalados anteriormente, con referencia a corrugación.

Cuadro 6. Hidango. Ensayos de retención de agua mediante borde

1983			
TRATAMIENTOS	AGUA EN EL SUELO HASTA 60 cm. EL 27 OCTUBRE, mm.	N. ASIMILABLE EN EL SUELO 0-60 cm. ppm.	RENDIMIENTOS qq/ha
Sin camellones	91	5,7	37,0
Con camellones	89	5,7	41,5
1984			
TRATAMIENTOS	AGUA EN EL SUELO HASTA 60 cm. EL 26 OCTUBRE, mm.	N. ASIMILABLE EN EL SUELO 0-60 cm. ppm.	RENDIMIENTOS qq/ha
Sin camellones	98	8,0	58,0
Con camellones	106	7,7	58,1
N. asimilable en el suelo hasta 120 cm de profundidad y N. asimilado por el cultivo el 26 de octubre kgs/ha.			
—	CON CAMELLONES	SIN CAMELLONES	
En el suelo	92	94	
En el cultivo	196	226	
TOTAL	288	320	

La siguiente observación puede ayudar a interpretar este resultado: estos suelos tienen una buena estructura y drenaje suficiente, de modo que el agua no se apoza en la superficie, aún con lluvias bastantes fuertes, de modo que ambos tratamientos deben haber quedado con aproximadamente el mismo porcentaje de humedad después de cada lluvia.

¿Cómo se explica, entonces, el efecto favorable de la corrugación?

Es notorio que, en la corrugación, la superficie del camellón se seca más pronto que el fondo del surco después de una lluvia y por lo tanto, las plantas disponen de una mejor aireación durante el invierno.

3. Economía del nitrógeno

Los cultivos de trigo sometidos a un exceso de humedad y/o de lluvias tienden a presentar deficiencias de nitrógeno, inducida por diversos factores concomitantes a dicha situación: denitrificación, lixiviación de nitratos y, posiblemente inmovilización biológica.

Si uno o varios de dichos factores actúa en una determinada Región, la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados debe disminuir.

Durante los años 1979, 1980 y 1981, el programa de Ecología y Manejo de la Estación Experimental La Platina realizó, en el secano costero de la VI Región y parte sur de la V Región, 24 ensayos de "productividad" en los que se midió la incidencia de diversos factores sobre los rendimientos (Letelier 1979, 1980 y 1981). De los suelos en que se verificaron estos ensayos, un 75 por ciento tuvo niveles bajos de nitrógeno asimilable en muestras tomadas antes de la siembra (menos de 20 p.p.m). Tomando en cuenta solamente aquellos ensayos con bajo nivel de nitrógeno asimilable y que llevaron variedades modernas, (los que fueron diez), la eficiencia agronómica promedio de nitrógeno del fertilizante (kg de grano de aumento de producción/kg de nitrógeno agregado como fertilizante) fue de 9,8 con una gran variabilidad: entre 0 y 19. Esta cifra indica una eficiencia baja. Por ejemplo en una serie de ensayos efectuados en la pre-cordillera de Ñuble, aquellos con bajo nivel de nitrógeno asimilable y con rendimiento similar al obtenido en los del secano costero (aproximadamente 40 qq/ha) tuvieron una eficiencia agronómica de 18,1. Sin embargo, en los ensayos de "productividad" algunos de los testigos recibieron una pequeña cantidad de Nitrógeno que aplicó el agricultor (+o - 30 Kg/N/ha). Pero aún, efectuando la corrección correspondiente, la eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado debería ser alrededor de 14.

Se puede tener también una estimación de la eficiencia fisiológica (kgs de nitrógeno incrementados/kg de nitrógeno agregado como fertilizante) suponiendo que el nitrógeno contenido en el incremento de producción es el que proviene del fertilizante. Suponiendo además que el contenido en nitrógeno de la materia seca cosechada sea de un 1 por ciento y un índice de cosecha de 0,33, la eficiencia fisiológica del nitrógeno agregado en los 10 ensayos citados más arriba, sería solamente de 29 por ciento, lo que también es bajo.

Dada la alta pluviosidad de la zona, podría pensarse que la baja eficiencia se debería atribuir a la lixiviación del nitrógeno agregado como fertilizante. Los resultados de algunos ensayos efectuados en Hidango parecen señalar que ese no sería el caso, como se indica a continuación: durante dos años se determinó el nitrógeno asimilable contenido en el suelo hasta 1,40 m y el nitrógeno total contenido en la planta, durante el desarrollo del cultivo de trigo (Cuadro 7, pág. 87). Puede apreciarse que el nitrógeno (asimilable + asimilado) contenido en el sistema suelo-planta disminuye durante el invierno hasta un 50 a 60 por ciento de la suma del nitrógeno inicial más el nitrógeno del fertilizante, para recuperarse en la época de máximo desarrollo del cultivo hasta alcanzar una cifra muy cercana a dicha suma.

Esta recuperación primaveral del nitrógeno asimilable no parece compatible con una previa lixiviación, que tendría que haberse efectuado hasta una profundidad superior a 1,40 cm. Por otra parte, esta recuperación se verifica en una época en que el suelo está bajo capacidad de campo y en el que, por ese motivo, no podría haber ascenso capilar. Lo más probable es que, en condiciones de invierno lluvioso, el nitrógeno asimilable se inmoviliza en forma

Cuadro 7. Contenido de Nitrógeno (asimilable + asimilado) en el sistema suelo-cultivo durante el desarrollo del trigo (promedios Aurifén-Andifén). kgs./ha (*)

1983 (año normal, lluvia invernal = 643 mm.)

N. Inicial	N. Inicial en el suelo + N. Fertilizante	=	247 kgs/ha
	N. en el suelo + N en el cultivo al 29 de Julio	=	138 kgs/ha
	N. en el suelo + N en el cultivo al 10 de Octubre	=	219 kgs/ha

1984 (año lluvioso, lluvia invernal = 919 mm.)

	N. Inicial en el suelo + N. fertilizante	=	319 kgs/ha
	N. en el suelo + N en el cultivo al 26 de Julio	=	219 kgs/ha
	N. en el suelo + N en el cultivo al 26 de Octubre	=	315 kgs/ha

(*) N. asimilable del suelo medido hasta 1,40 cm. de profundidad.

orgánica. Sin embargo, quedaría suficiente nitrógeno asimilable para proveer el desarrollo reducido que el cultivo tiene en la época invernal.

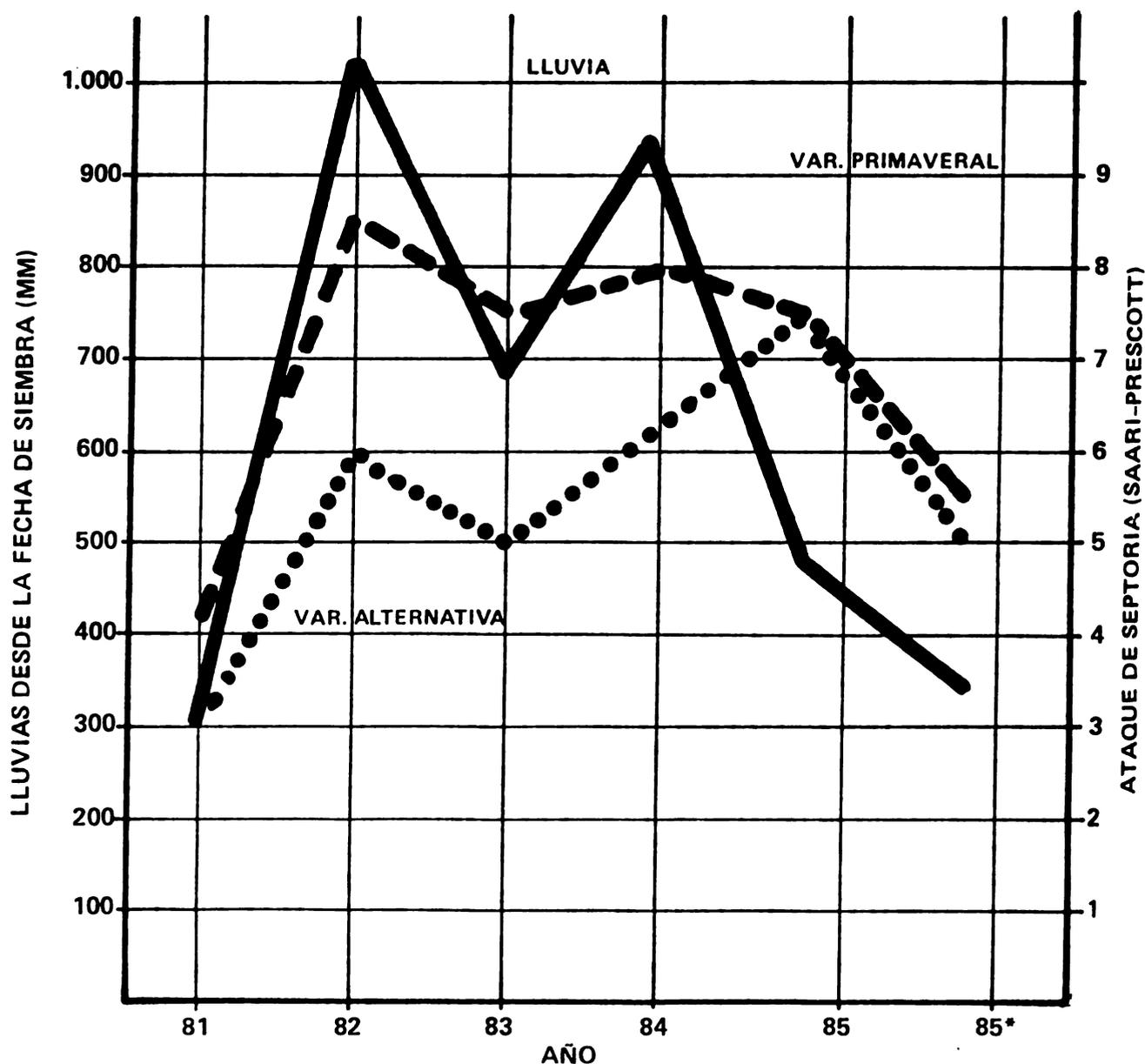
Los datos anteriores tienden a restar importancia a la lixiviación del N como factor limitante en condiciones de alta pluviosidad invernal. Sin embargo, es probable que si las lluvias son muy altas y/o se prolongan hasta abarcar parte de la primavera, la inmovilización del nitrógeno puede afectar negativamente al cultivo en una época en las que sus necesidades son máximas.

4. Efecto de las enfermedades fungosas

Las principales enfermedades fungosas que se han reconocido como relacionadas con la humedad del invierno en la región son *Septoria tritici* y *Helminthosporium tritici-repentis*, siendo más importante la primera de ellas.

La propagación de *Septoria* se ve favorecida por un invierno lluvioso, ya que se necesitan varias horas con agua depositada sobre las hojas para la germinación de las esporas y penetración del hongo en los tejidos de la planta. La acción del hongo es favorecida por una temperatura de 15 a 18°, lo que se alcanza en setiembre en la zona de Hidango (máxima media). Ramírez y Caglevic (1983) y Caglevic (1986) indican que el daño es mayor en variedades tempranas y en siembras tempranas y, especialmente, cuando ambas condiciones se dan juntas en un año lluvioso y con la adecuada temperatura, lo que sucede en el mes de setiembre. En esta fecha dichas variedades sembradas temprano se encuentran en estado de hoja bandera a espigadura, estados en los que el hongo produce mayor daño. Las variedades tempranas sembradas más tarde (junio) o las variedades alternativas sembradas temprano llegan al estado de hoja bandera cuando el período de lluvias ha terminado y por lo tanto "escapan" al ataque.

La Figura 2 resume observaciones efectuadas por Caglevic sobre ataque de *Septoria tritici* entre 1981 y 1985 en 2 variedades de trigo: una primaveral precoz (Likay) y otra alternativa (Andifén). Puede observarse que en general, hay un mayor ataque de la enfermedad en años lluviosos, así como también mayor susceptibilidad de la variedad precoz. Las observaciones fueron efectuadas en Hidango.



*SIEMBRA TARDIA.

Figura 2. Relación entre lluvia en el período de desarrollo del trigo y ataque de *Septoria Tritici* (Caglevic, 1986).

En Hidango se efectuaron también ensayos de interacción, variedades x épocas de siembra x aplicación de fungicida (Letelier, 1982, 1983, 1984). En estos ensayos se hicieron periódicamente aplicaciones de fungicida sistémico a la mitad de cada variedad ensayada con objeto de mantenerlas libres de hongos y apreciar el efecto que ellos tienen sobre el rendimiento. Los resultados están en el Cuadro 8. Puede apreciarse que, en general, se verifica lo aseverado por Ramírez y Caglevic, si bien la variedad Manquefén (tardía) se escapa a ello ya que fue aquella en que el fungicida tuvo mayor efecto en 1982 y 1983. Es probable que, además de Septoria y Helminthosporium existan otras enfermedades involucradas y ello estaría relacionado con la conducta de esa variedad.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de fungicida en relación a variedades y épocas de siembra. Porcentaje de aumento sobre el rendimiento correspondiente sin aplicación.

1982. Lluvia invernal: 1191 mm.

Variedad	Período vegetativo	Fecha de siembra 23 de Abril	
Aurifén	Corto		93
Andifén	Intermedio		27
Libún	Largo		48
Manquefén	Largo		113

1983. Lluvia invernal: 643 mm.

Variedad	Período vegetativo	Fecha de siembra	
		15 de Abril	26 de Mayo
Aurifén	Corto	12	3
Andifén	Intermedio	-3	-6
Manquefén	Largo	26	27
Lucero	Intermedio	4	6

1984. Lluvia invernal: 919 mm.

Variedad	Período vegetativo	Fecha de siembra	
		18 de Abril	8 de Junio
Aurifén	Corto	47	8
Andifén	Intermedio	12	3
Manquefén	Largo	5	6

**La Cero Labranza en el secano costero de la VI Región
en relación con el exceso de lluvias y humedad**

La adopción de la Cero Labranza constituye una de las soluciones más prácticas a los problemas de erosión y dispersión del suelo en los taludes y otros sitios de las terrazas con pendientes superiores a 5 por ciento. Esta práctica —además de eliminar el barbecho que es la causa principal de la erosión— después de algún tiempo desde su inicio mejora la infiltración debido a la formación de fisuras permanentes en el perfil del suelo (Cannel et al., 1978).

Por otra parte, la Cero Labranza conserva un mayor porcentaje de humedad por volumen de suelo, lo que se debe a una mayor densidad aparente y a la acción protectora de los residuos que quedan en la superficie. Por este motivo, no se recomienda esta práctica en suelos expuestos a exceso de humedad (Blevins, 1984; Cannel et al., 1978).

En la Subestación Experimental de Hidango se han realizado cierto número de ensayos de siembra de trigo en Cero Labranza, con resultados variables desde muy malos hasta muy buenos (Letelier, 1986). Un análisis global de esta variabilidad permite suponer que ella está determinada básicamente por 3 factores:

- elección de herbicidas apropiados,
- humedad durante el invierno del sitio experimental, y
- época de aplicación del herbicida no-selectivo.

En el Cuadro 9 se resume el resultado de un ensayo en Cero Labranza en el que se comparó dos fechas de aplicación del herbicida no selectivo (Paraquat): aplicación de primavera, aplicación de otoño y la aplicación en ambas fechas. Además en este ensayo, había algunas parcelas en situación más baja y, por lo tanto, más húmedas que el resto.

Cuadro 9. Efecto de la época de aplicación de herbicidas no selectivo y de la posición topográfica sobre un cultivo de trigo en cero labranza. Hidango 1985. Rendimientos, qq/ha.

EPOCA DE APLICACION DEL HERBICIDA NO SELECTIVO	PARCELAS EN POSICION BAJA	PARCELAS EN POSICION ALTA
Primavera 1984	54	67
Otoño 1985	13	37
Primavera 84 + Otoño 85	52	65

Puede observarse que:

- las parcelas en situación alta tienen un rendimiento superior a aquellas en situación baja.
- las parcelas en las que el barbecho no-selectivo se aplicó en primavera tienen un rendimiento superior a aquellas en las que el barbecho se aplicó solamente en otoño.

Puede interpretarse este resultado suponiendo que cuando se hace la aplicación en otoño las malezas no alcanzan a descomponerse bien antes de la siembra y los productos tóxicos producidos durante su descomposición afectan negativamente la germinación y el primer desarrollo del trigo.

Como una confirmación a esta hipótesis, en el Cuadro 10 se indican los rendimientos de diversos ensayos en los que el herbicida no selectivo se aplicó ya sea en primavera, ya en otoño, o en ambas épocas.

En resumen, puede decirse que es posible establecer la Cero Labranza en esta zona, siempre que no se utilice en terrenos en que tienden a mantenerse muy húmedos en otoño e invierno. En caso de dudas a este respecto, debe preferirse la aplicación primaveral del herbicida no selectivo.

Cuadro 10. Rendimientos obtenidos en los ensayos 1981 a 1984, en ensayos en los que el herbicida no selectivo se aplicó en diversas épocas.

EPOCA DE APLICACION	No. TOTAL DE CASOS	No. DE CASOS CON RENDIMIENTO SOBRE 40 qq/ha	No. DE CASOS CON RENDIMIENTO SOBRE 50 qq/ha
Primavera	4	3	1
Otoño	12	0	0
Primavera y Otoño	5	2	2

Conclusiones

Las principales conclusiones de esta revisión de los efectos del exceso de lluvias sobre el cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región son las siguientes:

Erosión hídrica

En general, es moderada, pero llega a ser grave en las laderas de las terrazas y en las pequeñas propiedades. La labranza cero puede ser un paliativo importante para la erosión y los resultados experimentales obtenidos con esta práctica en la zona son auspiciosos.

En suelos de mal drenaje, no debe usarse Cero Labranza. En situaciones intermedias o dudosas, la aplicación del herbicida no selectivo debe hacerse en la primavera anterior a la siembra (barbecho químico).

Nitrógeno

Las lluvias excesivas son un factor que enfatiza la necesidad de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, la lixiviación de nitratos parece ser poco importante en las condiciones de esta región. La mayor parte del nitrógeno asimilable se inmoviliza posiblemente en forma biológica durante el invierno y es liberado nuevamente en primavera.

Prácticas culturales

Dentro de la labranza convencional, es recomendable la siembra sobre corrugaciones de 10 cm de altura por lo menos. Esta práctica es fácil de implementar, mantiene al cultivo en buenas condiciones de aireación y ayuda a controlar la erosión hídrica.

Enfermedades

El exceso de lluvias favorece el desarrollo de algunas enfermedades, especialmente *Septoria tritici*. El control de esta enfermedad es factible mediante la elección de variedades y épocas de siembra apropiadas. También es posible la utilización de fungicidas, aunque en la mayor parte de los casos, serán suficientes las medidas citadas anteriormente.

Literatura citada

1. AZZI, G. Ecología. Salvat. pag. 86-97. 1959.
2. BLEVINS, R.L. Soil adaptability for no-tillage, en "No-tillage agriculture", Principles and practices. Edited by R.E. Phillips y S.H. Phillips. pág. 11-41. 1984.
3. CANNEL, R.Q.; DAVIES, D.B.; MACKNEY, D. y PIDGEON, J.D. The suitability of soils for sequential direct drilling of combine-harvested crops in Britain; a provisional classification. Outlook on Agriculture, Vol. 9, Number 6, pág. 306-316. 1978.
4. CAGLEVIC, M. Septoriosis en la hoja de trigo. Investigación y Progreso Agropecuario, Est. Exp. La Platina, Nov.-Dic. No. 14, pág. 26-29. 1982.
5. —————. Informe al Programa de trigo de INIA sobre ataque de *Septoria tritici* a diversas variedades. 1986.
6. CAMPBELL, W.A.; HENDRIX, F.F. Jr. Diseases of feeder roots en "The plant root and its environment". Edit. E.W. Carson, Virginia Polytechnic Inst. and State Univ. pag. 219-246. 1971.
7. DEMOLON, A. Croissance des vegetaux cultivés. Dumod. pág. 103-107. 1950.

8. DREW, M.C. y SISWORO, E.J. The development of waterlogging damage in young barley plants in relation to plant nutrient status and changes in soil properties. *New Phytologist* 82: 301-314. 1979.
9. DUTHION, C. y MINGEAU, M. Les reactions des plantes aux excés d'eau et leur conséquences. *Ann. Agron.* 27. (2): 221-246. 1976.
10. GRADE, R. Soil aeration and plant growth. *Advances in agronomy* Vol. 18:58-101.
11. GREENWOOD, D.J. Effect of oxygen distribution in the soil on plant growth, en "Root Growth", proceedings of the 15th Easter School in Agricultural Science, Univ. of Nottingham. Edited by W.J. Whittington, pág. 202. 1968.
12. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Investigación y Progreso Agropecuario, pág. 375-379. 1971.
13. IREN, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Evaluación de la erosión (cordillera de la costa entre Valparaíso y Cautín), pág. 12. 1965.
14. JOHNSON, J. Water congestion in plants in relation to disease. *Univ. of Wisconsin, Res. Bull.* 160. 1947.
15. LETELIER A., E. Ensayos de productividad en trigo verificados en el secano costero de las V y VI Regiones. *Informes Técnicos de INIA*, 1979, 1980 y 1981.
16. ————. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Informes Técnicos*. 1982, 1983 y 1984.
17. ————. y NOVOA S-A., R. Adición de carbón activado y oxidantes a un suelo de terrazas marinas y su efecto sobre la germinación del trigo. *Agric. Técn. (Chile)* 42 (4): 323-328.
18. ————, y UBILLA R., C. Cultivo del trigo sobre terreno corrugado. *Investigación y Progreso Agrícola, La Platina* No. 28, pág. 23-25. 1985.
19. ————; NOVOA S-A., R. y TORTELLO, L. Comparación de tres sistemas de labranza para el trigo en el secano litoral de la V y VI Región de Chile. *Agric. Técn. (Chile)* 46 (1): 27-32.
20. ————. Comparación de herbicidas de pre-siembra y post-emergencia para cero labranza en trigo, en el secano costero de la VI Región.
21. MELLA, A.; LARA, P. y NOGUEIRA, A. Estudio de los suelos del secano costero de la VI Región, pág. 2-8 y 15. 1977.
22. PAPADAKIS, J. Ecología de los cultivos. *Ministerio de Agricultura y Ganadería (Argentina)*, pág. 137. 1954.

23. POCHON, J. y DE BARKAC, H. *Traité de Microbiologie des sols*. Dumod, pág. 167-169. 1958.
24. RAMIREZ, I. y CAGLEVIC, M. *Septoria Leaf Blotch Wheat in Chile*. En: *Septoria of Cereals: Proceedings of the workshop held August 2-4, at Montana State University, Bozeman, Montana A.L. Schasen, Editor, pp. 42-44. 1983.*
25. RUSSEL, E.W. *Soil conditions and plant growth*, Longman, pág. 416-419. 1977.
26. STOLZY, L.H. *Soil atmosphere*. En: *The plant root and its environment* edited by E.W. Carson, Virginia Polytechnic Inst. and State Univ. pág. 335-355. 1971.
27. TAYLOR, H.M. *Root behaviour as affected by soil structure and strength*. En: *"The plant root and its environment"*. Edited by E.W. Carson, Virginia Polytechnic Inst. and State, Univ. pág. 271-292. 1971.
28. ZOLEZZI, M. *Comunicación personal*. 1987.

4. DEMANDA ENERGETICA DE ALGUNAS HERRAMIENTAS Y SISTEMAS DE LABRANZA

por Edmundo Hétz H. *

Resumen

El trabajo analiza, principalmente, las operaciones tractorizadas de aradura, cincelado y subsolado para establecer demandas máximas de potencia y los factores que la afectan. Se muestran resultados obtenidos según procedimientos y cifras básicas propuestas por Hunt, Kepner et al., y ASAE. Con las capacidades efectivas de trabajo se establecen las demandas de energía por hectárea para algunas operaciones (kWhr/ha) y sistemas de labranza (MJ/ha.)

Introducción

Desde que se practica la agricultura ha existido una estrecha dependencia entre los sistemas de labranza y la energía disponible para este efecto. Históricamente las faenas de preparación de suelos, subsolado, nivelación, siembra y control mecánico de malezas han consumido la inmensa mayoría de la energía necesaria para la producción de alimentos (de Dios, 1972; Gill and Vanden Berg, 1967; Hunt, 1977; Kepner, Bainer and Barger, 1978; Mc Kyes, 1985; Rojas y Soza, 1982).

A pesar de los rápidos avances logrados en años recientes, la labranza está muy lejos aún de ser considerada una ciencia exacta. Aunque uno de los principales objetivos de la labranza está muy lejos aún de ser considerada una ciencia exacta. Aunque uno de los principales objetivos de la labranza es proporcionar un óptimo entorno para el crecimiento de las plantas, no se está en condiciones de especificar e identificar cuantitativamente las condiciones deseadas en el suelo (Soane and Pidgeon, 1975). Las fuerzas aplicadas a una herramienta de labranza para producir un efecto dado en el suelo pueden ser medidas con exactitud, pero no se puede predecir con confiabilidad los efectos de los cambios en el diseño de la herramienta. Consecuentemente, no debe ser una sorpresa saber que el diseño de los equipos de labranza es más un arte que una ciencia (Ashburner y Sims, 1984; Gill and Vanden Berg, 1967; Triplett and Van Doren, 1977)

La importancia de optimizar las operaciones de labranza y mejorar el diseño de las herramientas es obvia cuando se considera que, a pesar de la reducción de la labranza ocurrida en las últimas 2 décadas, cada año en USA se mueven 250 mil millones de toneladas de suelo, con un gasto de 2 mil millones de litros de combustible sólo en la aradura (Hunt, 1977; Taylor, 1981; Triplett and Van Doren 1977).

* *Ingeniero Agrónomo, Ph. D., Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, Chillán, Chile.*

Mathews (1979), en estudios realizados sobre consumo de energía en la labranza primaria del suelo, ha demostrado la posibilidad de reducir en más de 50 por ciento los requerimientos de la labranza tradicional, sin afectar los rendimientos de los cultivos. En Chile, Rojas y Soza (1982) estiman que se podría lograr ahorros masivos de energía utilizando técnicas de labranza reducida, llegándose a superar los 100 millones de litros de combustible al año si se trabajase la superficie con cultivos anuales y praderas artificiales bajo cero labranza.

La reducción de la demanda energética para la labranza debe originarse en gran medida a través de diseños mejorados de estas herramientas y la sustitución de equipos tradicionales, como el arado de vertedera y de discos, por nuevos equipos como el cincel, subsolador y equipos que utilicen la energía disponible en el eje toma fuerza del tractor (Dwyer, 1985; Taylor, 1981).

El objetivo de este trabajo fue analizar los equipos de labranza, especialmente de aradura, para establecer la demanda máxima de potencia y predecir la demanda energética por hectárea para determinadas operaciones y sistemas de labranza.

Factores que determinan la fuerza de arrastre en las herramientas de labranza

La fuerza de arrastre depende básicamente de cinco factores principales: los parámetros suelo/suelo; los parámetros suelo/interfase; la forma de la herramienta; la velocidad de avance; y la vibración de la herramienta.

1. Los parámetros suelo/suelo y parámetros suelo/interfase

Estos dos aspectos fueron analizados en detalle por otro expositor en esta reunión de trabajo (J. Riquelme, INIA, Chillán) y han sido además muy bien documentados por Ashburner y Sims (1984).

Se destaca la importancia de la humedad del suelo y su incidencia sobre la factibilidad y eficiencia de la labranza, y sobre la resistencia de la masa del suelo y los terrones, según se puede apreciar en las Figuras 1 y 2 (pág. 97). Las posibilidades de manipular los parámetros suelo/interfase removiendo la oxidación y lubricando la cara del diente se ilustran en la Figura 3 (pág. 98).

2. La forma de la herramienta

El ángulo de ataque y el ancho del diente afectan la fuerza de arrastre, como se muestra en las Figuras 4 y 5 (pág. 99 y 100). Generalmente la fuerza de arrastre aumenta suavemente para ángulos de ataque de 10° hasta los 50° , pero ángulos mayores producen un fuerte crecimiento de la fuerza de arrastre; ello significa que debe seleccionarse un ángulo menor que 50° , siempre y cuando efectúe la labranza deseada (McKyes, 1985).

La resistencia del suelo aumenta con la sobrecarga de la superficie y la compactación. Por lo tanto para minimizar la fuerza de arrastre la herramienta no debería seguir las huellas del tractor, aunque esto no siempre es deseable según los objetivos de la labranza. El diseño mismo de la herramienta puede disminuir los efectos innecesarios de una sobrecarga por una selección cuidado-

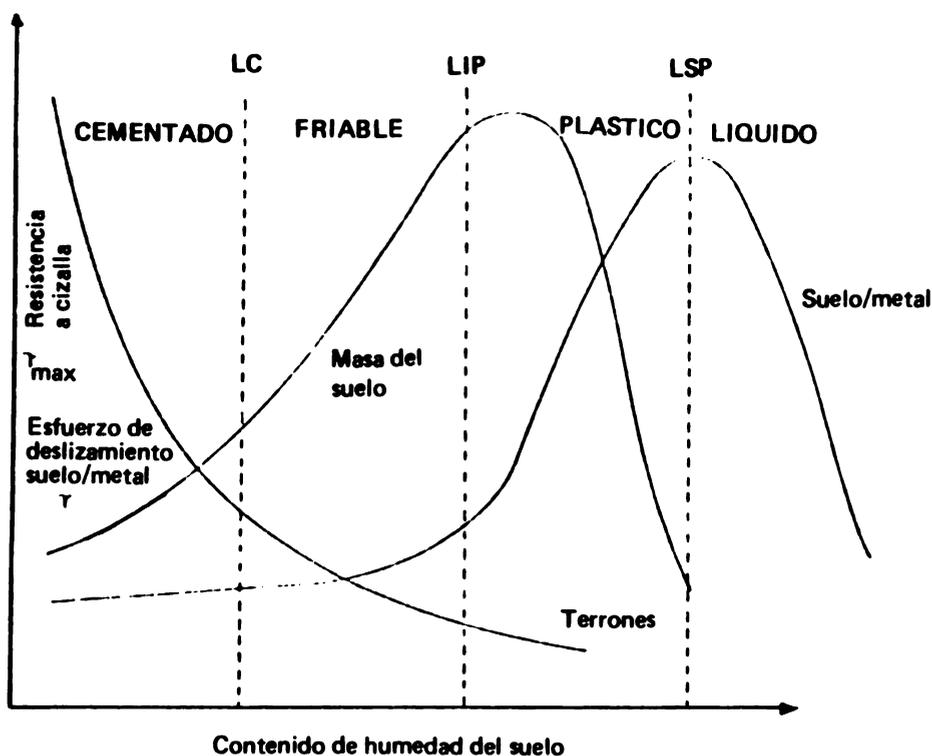


Figura 1. Relación del contenido de humedad del suelo con la resistencia de los terrones, la masa del suelo y al deslizamiento en el interfaz suelo/metal.

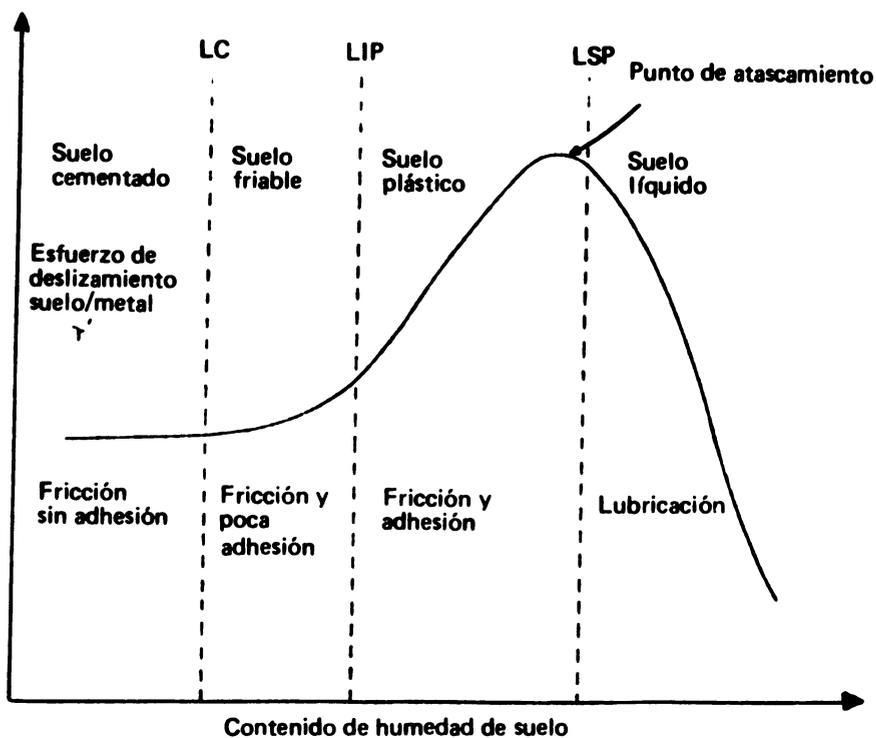


Figura 2. Efecto del contenido de humedad sobre el esfuerzo de deslizamiento suelo/metal.

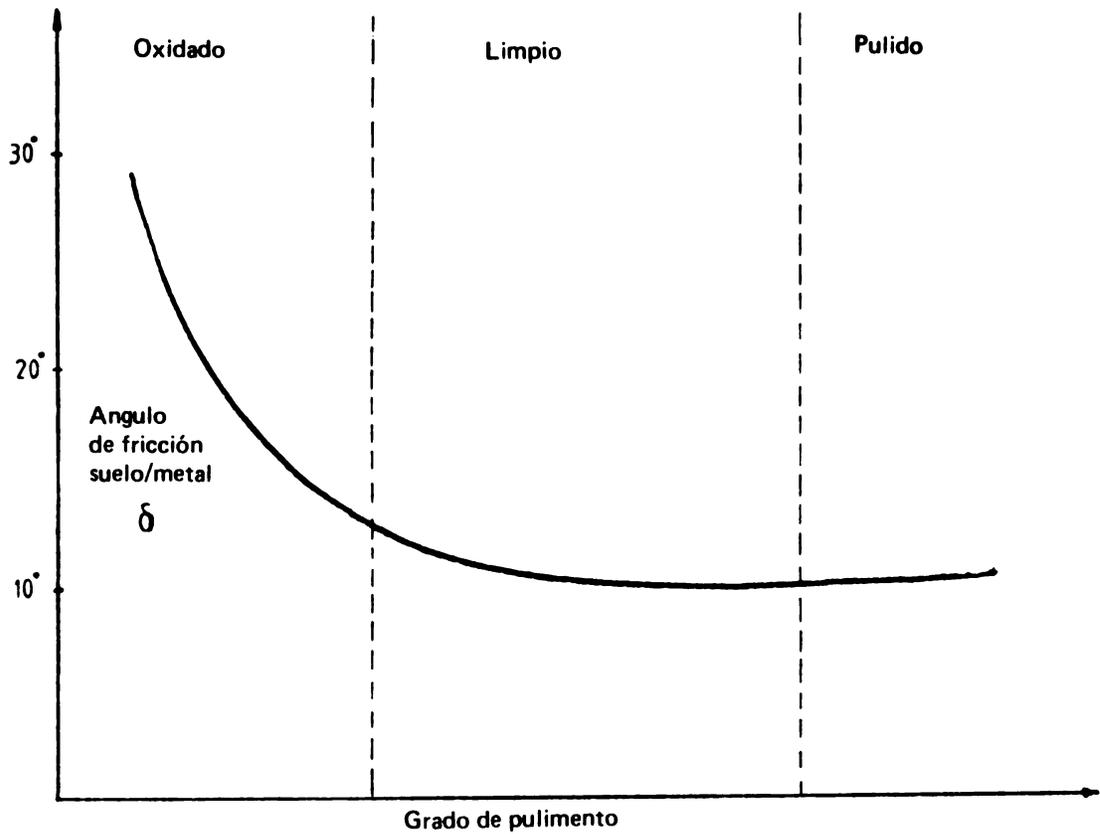


Figura 3. Efecto del pulimento de la superficie de contacto sobre el ángulo de fricción suelo/metal.

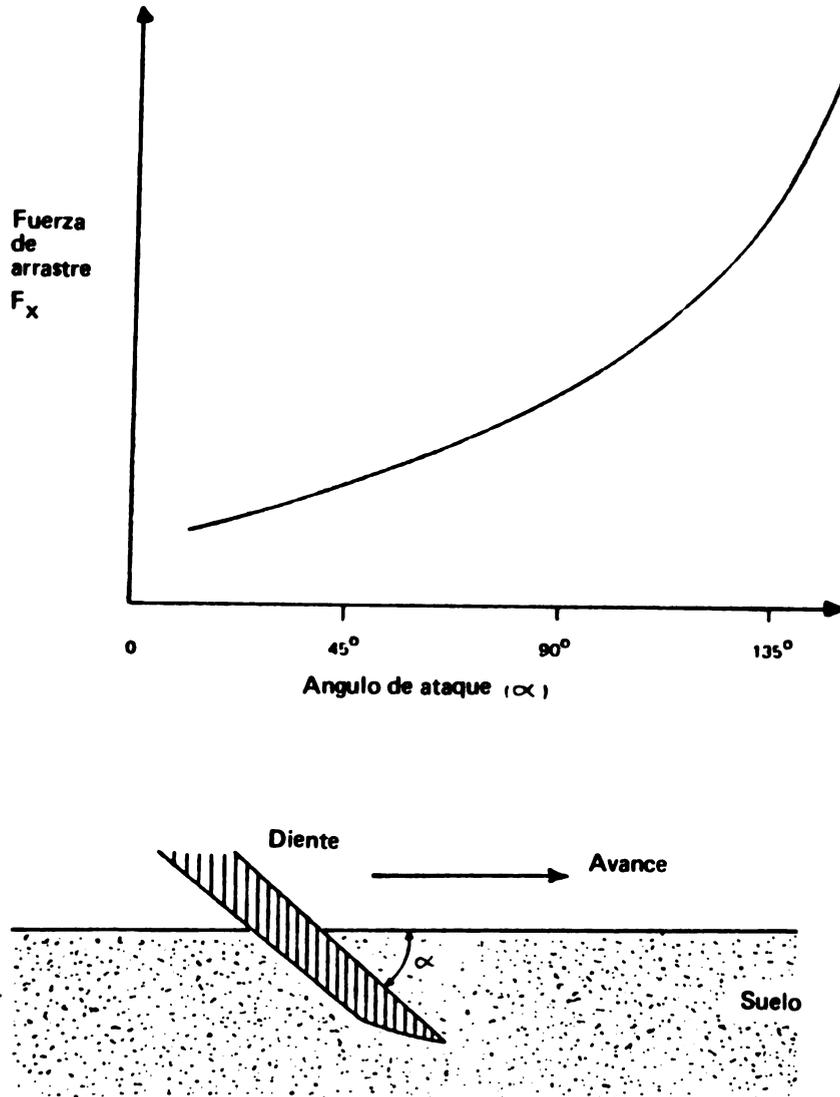


Figura 4. Efecto del ángulo de ataque (α) sobre la fuerza de arrastre (F_x) de un diente.

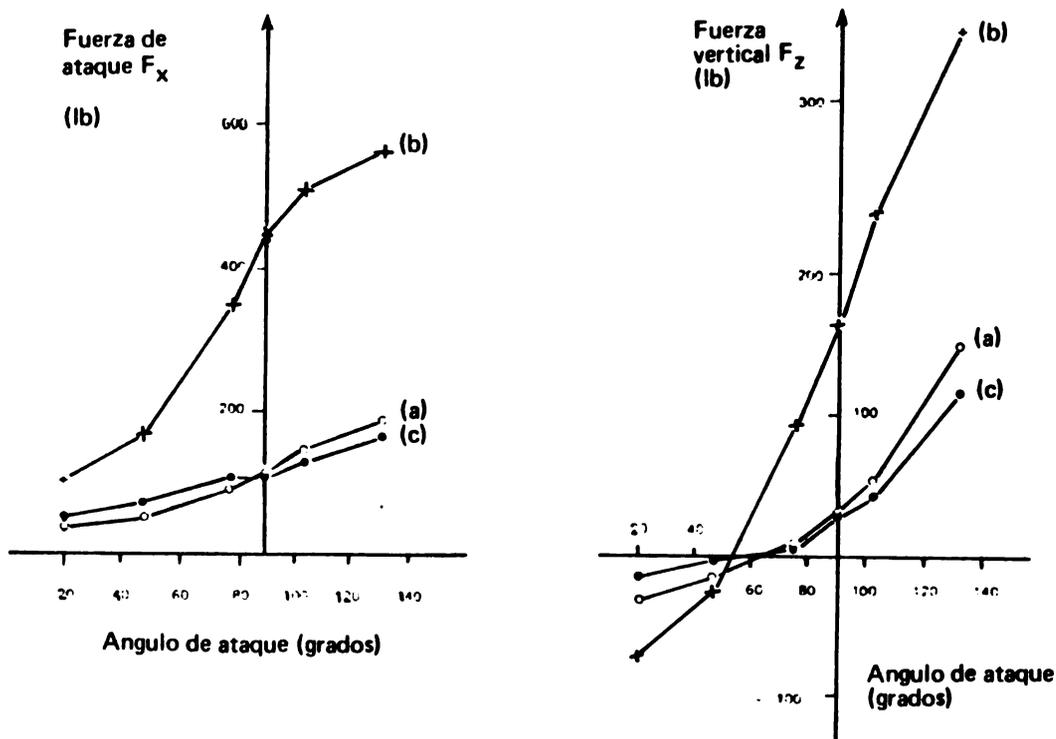


Figura 5. Relación del ángulo de ataque de un diente angosto con la fuerza de arrastre F_x y la fuerza vertical F_z ; a) arena con 3.8 por ciento de humedad; b) franco-arenoso con 9.4 por ciento de humedad; c) arcilla con 18.2 por ciento de humedad.

sa del espaciamiento de los dientes, el diseño de la estructura y la ubicación de las ruedas de profundidad, tal como se muestra en las Figuras 6 y 7 (Ashburner y Sims 1984; Mc Kyes 1985).

También es importante proporcionar un adecuado restregamiento del suelo por el diente. Esto significa que las curvas deben ser ligeras, empezando óptimamente con un ángulo de ataque pequeño y luego aumentándose.

3. La velocidad de avance

Una mayor velocidad de avance de la herramienta ocasiona un aumento en la aceleración de las partículas y agregados del suelo. Por esta razón la fuerza de arrastre tiende a ser proporcional a la velocidad al cuadrado (Gill and Vanden Berg 1967; Kepner, Bainer and Barger, 1978).

Summers et al han mostrado recientemente que la fuerza de arrastre es lineal con la velocidad en los arados cincel y de discos, pero que es proporcional al cuadrado de la velocidad en el arado de vertedera.

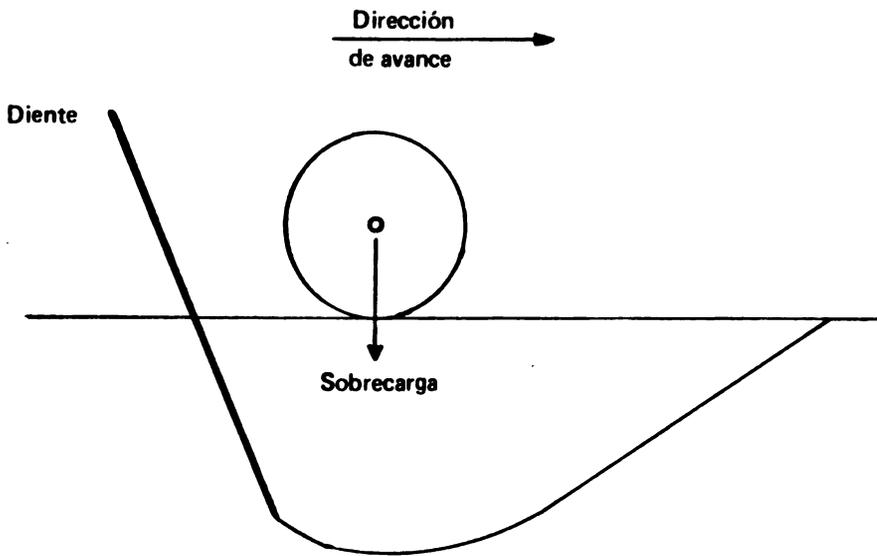
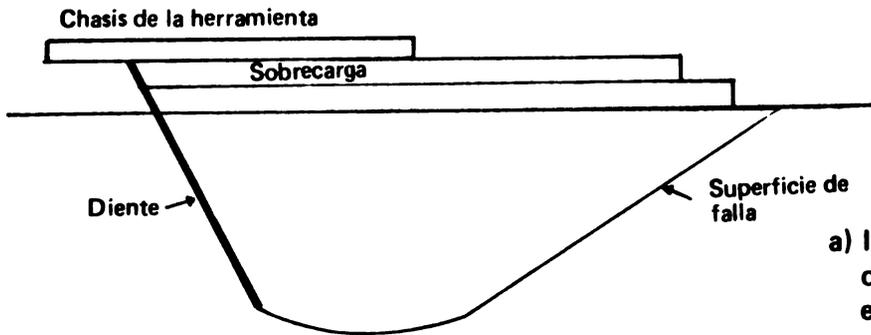


Figura 6. Manera en que la mala ubicación de una rueda de soporte de la herramienta sobrecarga la zona de falla del suelo y aumenta la fuerza de arrastre.



a) Interferencia de la estructura de la herramienta en el flujo de suelo.

b) Sobrecarga producida por un diente curvo al trabajar a demasiada profundidad.

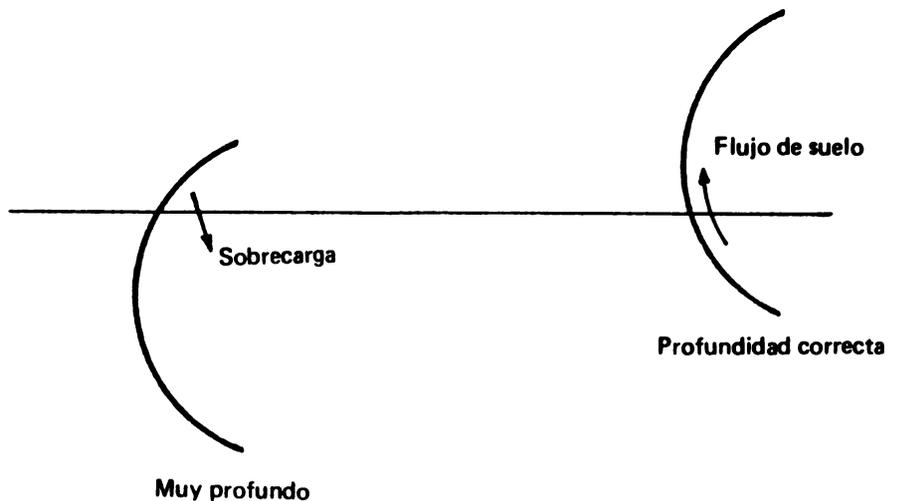


Figura 7. El diseño o uso inapropiado de las herramientas puede producir una sobrecarga innecesaria que aumenta la fuerza de arrastre.

Ashburner y Sims señalan además que la velocidad también aumenta el esfuerzo normal suelo/interfase y puede incrementar el esfuerzo entre las partículas elevando la resistencia del suelo y, así, la fuerza de arrastre.

Debe destacarse también la importancia de la humedad en la relación resistencia/velocidad. Parece ser que con un contenido de humedad algo menor que el límite inferior de plasticidad, LIP, la resistencia es aproximadamente proporcional a la velocidad al cuadrado, como se muestra en la Figura 8 (pág. 103). En cambio, con un mayor contenido de humedad la relación es exponencial, mostrando muy poco aumento en la fuerza de arrastre con velocidades mayores a unos 5m/s, probablemente debido al comportamiento del suelo como una clase especial de líquido viscoso (de Dios, 1972; Mc Kyes, 1985).

Debe destacarse también que normalmente se practica la labranza con un contenido de humedad menor que el LIP, ocasión en que la velocidad sí afecta fuertemente la fuerza de arrastre y el requerimiento de energía para una operación específica (Kepner, Bainer and Barger, 1978; Mathews, 1979; Soane and Pidgeon, 1975).

4. La vibración de la herramienta

La posibilidad de reducir la fuerza de arrastre por vibración ha sido estudiada durante largo tiempo, especialmente con herramientas de alta demanda de fuerza, como el subsolador.

Se han sugerido dos mecanismos para explicar la reducción de la fuerza de arrastre: en suelos arenosos la vibración disminuiría la reacción suelo/interfase, y quizás también la reacción entre las partículas y agregados del suelo reduciendo el componente de resistencia debido a la fricción; en los suelos arcillosos la vibración produciría una migración del agua del suelo hacia la punta del diente (Ashburner y Sims, 1987; Mc Kyes, 1985).

Aunque la vibración realiza un mejor mullimiento del suelo y puede reducir la fuerza de arrastre, normalmente la potencia total de la herramienta es mayor que en el caso de una herramienta simple (Ferrando y Smith, 1985).

El arado cincel y el subsolador

El cincelado del suelo corresponde a la operación básica de labranza denominada estallamiento. Esta operación tiende en la actualidad a reemplazar la aradura tradicional con arado de vertedera o discos. Recientemente Michel et al han demostrado que los sistemas de labranza basados en el arado cincel requieren 40 por ciento menos energía y tiempo que los sistemas tradicionales, sin reducir los rendimientos.

El objeto del estallamiento es disminuir la densidad de la masa de suelo con un mínimo esfuerzo. En general, esto se puede lograr trabajando el suelo cerca del límite de contracción o sobre el límite superior de plasticidad, cuando la resistencia de la masa del suelo al esfuerzo de corte y al deslizamiento presentan valores mínimos (Ashburner y Sims, 1984; Mc Kyes, 1985). Sin embargo en la práctica es difícil trabajar con el suelo cementado o líquido, por lo que se debe seleccionar la zona en que el suelo está friable, cerca del límite de contracción (Figura 1).

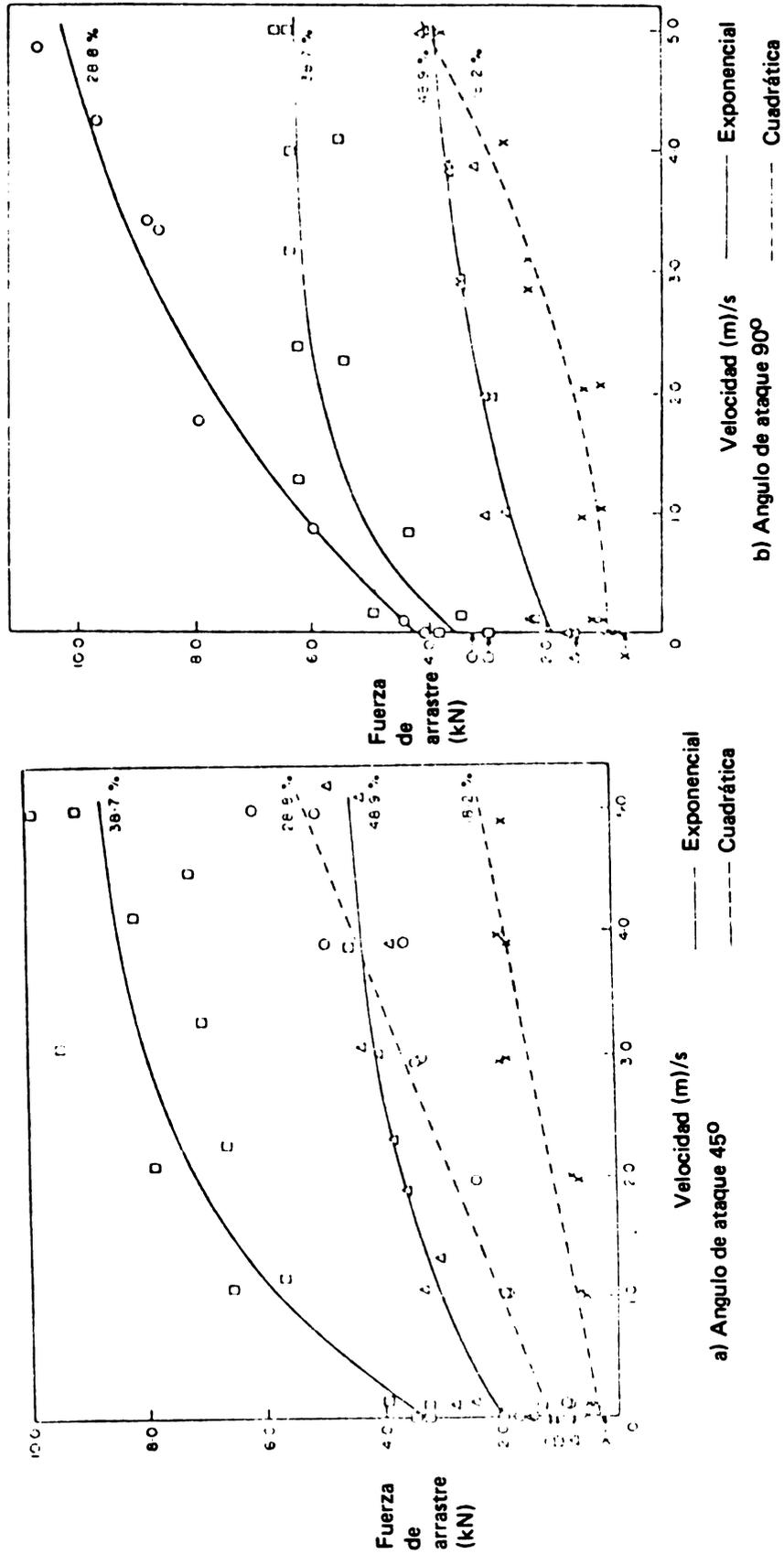


Figura 8. La relación de la fuerza de arrastre de un diente con la velocidad depende del contenido de humedad, siendo una relación cuadrática con baja humedad y exponencial a alta humedad. Los resultados son para un suelo arcilloso con LIP 39 o/o. Humedad: X 18.2 o/o, O 28.8 o/o, Δ 48.9 o/o.

La Figura 5 muestra que en un diente con ángulo de ataque menor que 45° la fuerza resultante actúa hacia arriba, provocando el estallamiento. La Figura 5 y Figura 4 muestran también que la fuerza de arrastre es baja para un ángulo de ataque en el rango de 15° hasta 50° , con lo que se reconoce que la mejor herramienta para provocar el estallamiento es la que tiene un ángulo menor que 45° (Ashburner y Sims, 1984; Mc Kyes, 1985).

Sin embargo es difícil fabricar un diente de 20° para trabajos a profundidad por el excesivo largo resultante y por ello normalmente se selecciona una forma curva.

Debe recordarse un aspecto importante del diseño; debido a que en el proceso de estallamiento el suelo se mueve hacia arriba, hay que eliminar cualquier obstáculo que pueda obstruir su flujo. La Figura 9 revela la influencia que puede tener un diente demasiado cercano a las ruedas del tractor y la obstrucción que puede ocasionar la estructura misma de la herramienta. Además, se deben tomar iguales precauciones con la ubicación de las ruedas de profundidad en el equipo (Ashburner y Sims, 1984).

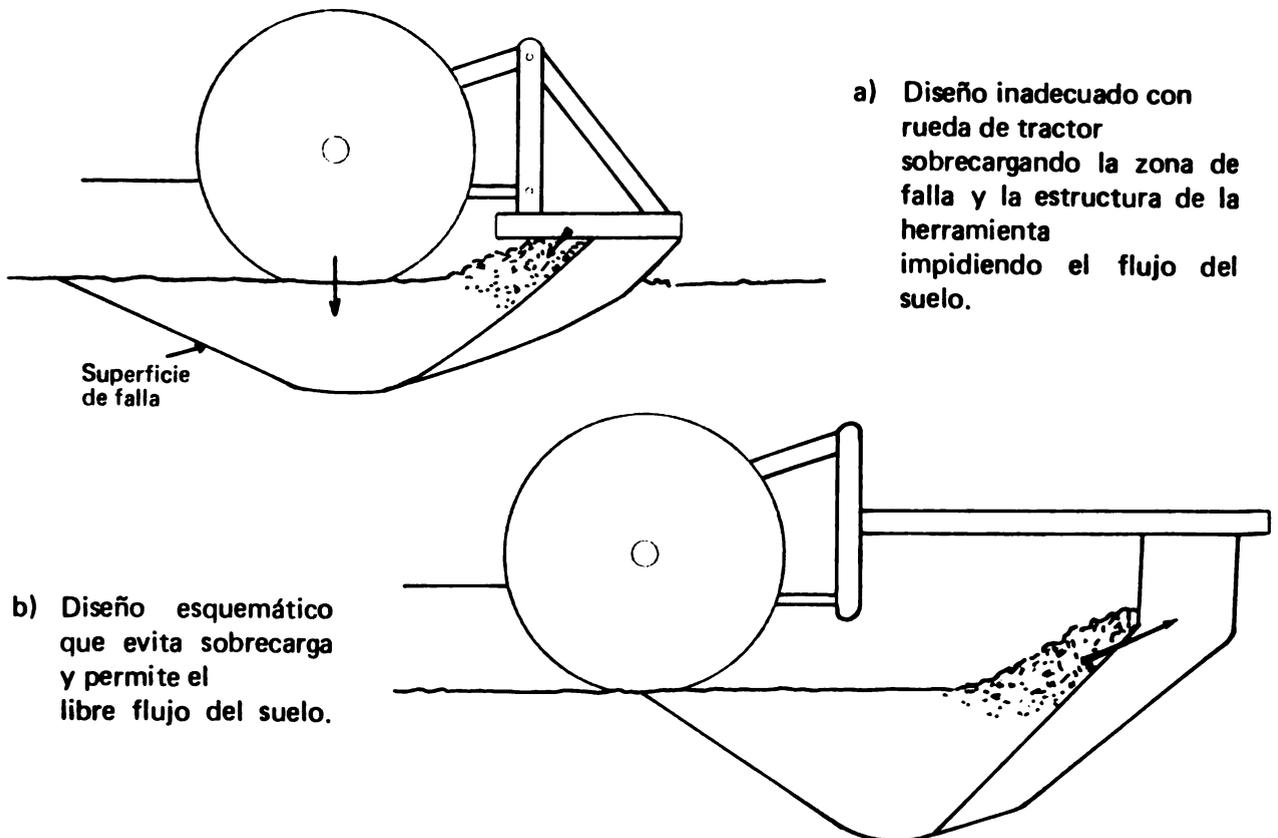


Figura 9. Manera en que el diseño de la herramienta puede afectar la fuerza de arrastre.

El subsolado del suelo corresponde a la operación básica de labranza denominada compactación. La labor consiste en producir canales bajo la superficie del suelo con el propósito de facilitar el drenaje. El contenido de humedad óptimo para este trabajo se encuentra en el sector de estado plástico, próximo al LIP, ya que la cohesión superficial y la resistencia de la masa del suelo son máximas (Figura 1).

En suelos arcillosos se puede formar drenes subterráneos fácilmente al forzar un cilindro, normalmente seguido de un tapón expansor, por la estrata en estado plástico, mientras que el soporte del cilindro trabaja en la capa superficial en estado friable provocando grietas extensas por medio del estallamiento, tal como se muestra en la Figura 10. El cilindro y el tapón compactan y remodelan las paredes del dren, el que normalmente tiene una vida aprovechable de 5 años o más antes que se necesite repetir la operación. Debe advertirse que la labor no puede realizarse con éxito en suelos arenosos ni tiene un efecto durable en los suelos francos, además que, para que sea efectiva, es imprescindible asegurar que los drenes tengan salidas permanentemente abiertas a los canales (Ashburner y Sims, 1984).

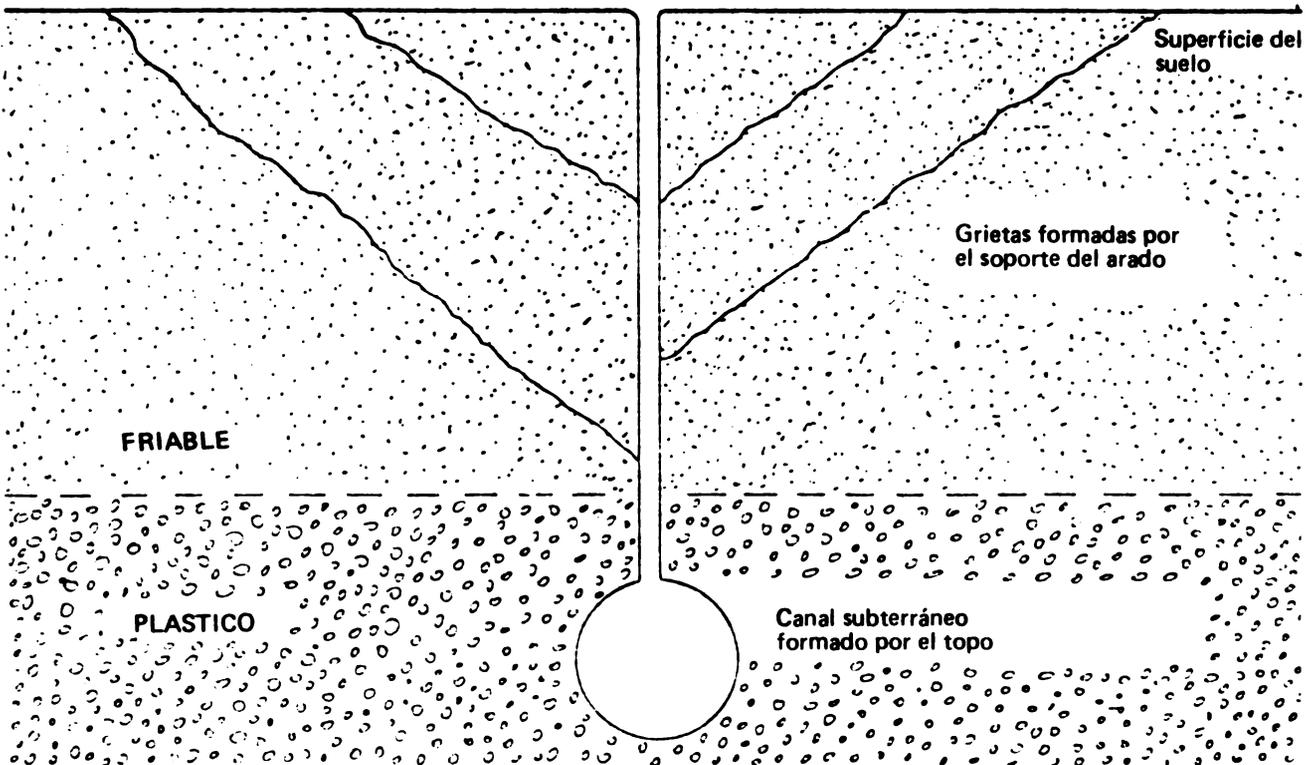
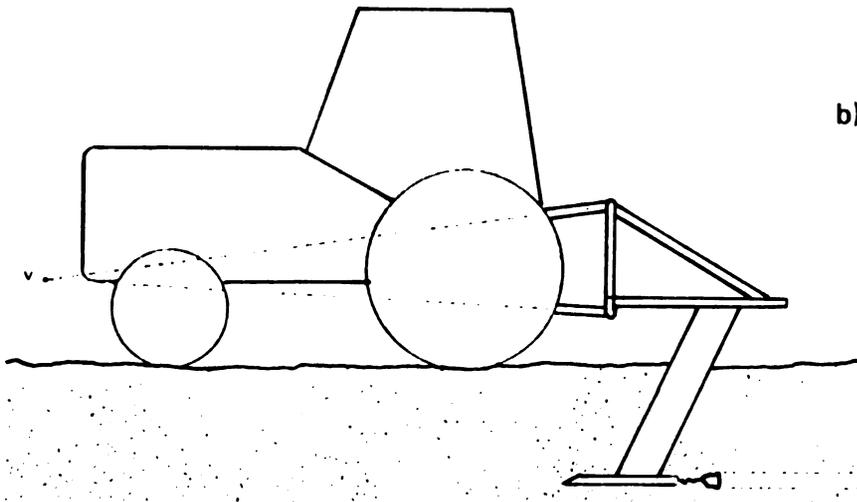
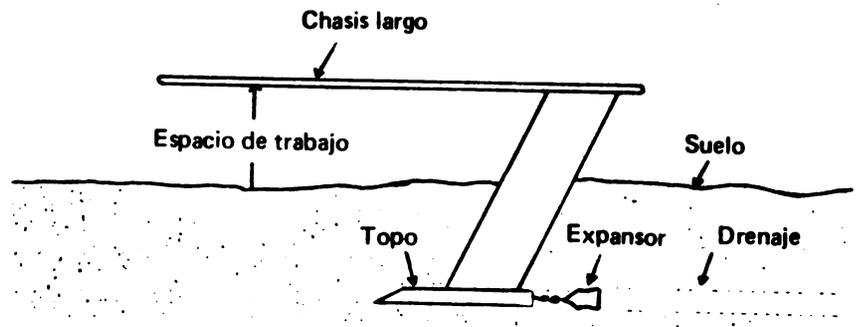


Figura 10. Formación de grietas por el arado de topo en la zona friable para acomodar infiltración del agua y drenes subterráneos en la zona plástica.

La Figura 11 presenta un diseño óptimo del equipo, o arado topo, e incluye los siguientes aspectos: a) chasis largo para mantener un curso recto y nivelado aunque la superficie tenga ondulaciones; b) espacio entre el chasis y la superficie e inclinación del soporte del topo en 45° o menos para provocar el máximo de estallamiento con un mínimo de resistencia; c) topo con punta para reducir la resistencia, y largo para asegurar que sigue un curso recto; d) un tapón de expansión arrastrado para dar final al dren; e) ausencia de ruedas o patines de profundidad que obligarían al topo seguir el perfil de la superficie en vez de un curso recto (Ashburner y Sims, 1984).

a) Con acople de tiro se necesita un chasis largo, para permitir construir un drenaje recto.



b) Con acople por los tres puntos se debe asegurar un punto de acople virtual V bien adelante, que tiene el mismo efecto que un chasis largo.

Figura 11. Diseño óptimo del arado de topo para acople de tiro o por los tres puntos del tractor.

Las máximas demandas de potencia que actualmente tienen las explotaciones agrícolas aparecen de las necesidades de aradura y/o subsolado que presentan alta demanda de fuerza a la barra de tiro donde los tractores son sumamente ineficientes por la baja eficiencia tractiva de los neumáticos (de Dios, 1972; Gill and Vanden Berg, 1967; Taylor, 1981).

Demanda energética de algunas operaciones básicas de labranza

La determinación de la demanda energética de una operación de labranza exige conocer el valor de la fuerza por unidad de ancho necesaria para arrastrar el equipo en el campo. Este valor de la fuerza y la velocidad de trabajo permiten obtener la potencia necesaria para accionar, un equipo de un tamaño determinado. Estas relaciones se muestran en la ecuación 1.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Velocidad}}{\text{FPT} \times 3,6} \quad \text{Ecuación 1}$$

Potencia = kW

Velocidad = km/hr

Fuerza = kN

FPT = factor de pérdida por tracción (decimal)

El gasto energético por ha se establece asociando el valor de la potencia con la capacidad efectiva de trabajo (CET) del equipo, que tiene incluida una estimación de la eficiencia de campo.

La potencia requerida para trabajar con diversas herramientas es variable y depende de varios factores. Entre ellos se encuentran la textura y contenido de humedad del suelo, la velocidad y profundidad de trabajo, la naturaleza del material de la herramienta deslizante, sea metálico, plástico o madera. A pesar de la posibilidad de poder predecir la fuerza de arrastre de ciertas herramientas bajo condiciones específicas, una predicción práctica y realista es difícil por la variabilidad de las condiciones en un campo agrícola. Normalmente se encuentran zonas muy húmedas y mal drenadas, compactadas, con pendiente, piedras y otros obstáculos que obligan al operador a cambiar la velocidad de trabajo (Ashburner y Sims, 1984).

Sin embargo, es importante manejar algún procedimiento que permita estimar la potencia requerida para trabajar con diversas herramientas en condiciones normales y así permitir la selección de tractores y equipos en forma racional, lo cual también permite ejecutar un análisis económico del sistema de mecanización seleccionado (de Dios, 1972; Hunt, 1977).

En los Cuadros 1 y 2 se presenta la demanda de fuerza de algunas herramientas de labranza, según determinaciones de Hunt y Kepner et al., respectivamente. La mayoría de los valores están expresados en kN/m, con la excepción de algunos equipos principalmente en el caso de Kepner et al.

Cuadro 1. Demanda de fuerza de algunas herramientas de labranza, a 4,8 km/hr, según Hunt.

EQUIPO	FUERZA (kN/m)
Arado vert. o disco, 18 cm prof. en suelo:	
liviano	3,2 – 6,3
mediano	5,3 – 9,5
pesado	8,5 – 16,6
Arado-disco unidireccional, 8-13 cm. prof.	2,6 – 5,8
Surcadora, suelo firme, 1 m espaciamento:	5,8 – 14,6/unidad
Subsolador, 40 cm. prof., 2 m espaciamento:	
suelo liviano	16,0 – 26,3/unidad
suelo mediano	23,3 – 36,5/unidad
Arado cincel, 18-23 cm prof.	2,9 – 13,1
Cultivador de campo, 8-13 cm. prof.	0,9 – 4,4
Rastra discos, acción simple	0,7 – 1,5
tandem liviana	1,5 – 2,6
tandem pesada (exc.)	80 – 15 o/o del peso
Rastra de clavos	0,3 – 0,9
Rastra de resortes	1,0 – 4,4
Rodillo o compactador	0,3 – 0,9

Fuente: HUNT, D. Farm power and machinery management. Seventh edition. 1977. Iowa State University Press. p. 46.

Cuadro 2. Demanda de fuerza de algunas herramientas de labranza, según Kepner et al.

EQUIPO	RANGO TIPICO DE REQUERIMIENTO
Arado vert. o disco	2,1-4,1; 3,4-6,2; 5,5-9,7 N/cm ² (Nota 1)
Arado-disco unidireccional	2,6-5,8 kN/m
Rastra discos acción simple	0,7-1,5 kN/m
tandem liviana	1,5-2,9 kN/m
tandem pesada (exc.)	3,6-5,8 kN/m
Subsolador	120-190; 190-280 N/cm de profundidad (Nota 2)
Arado cincel o cultivador de campo con cinceles	0,23-0,69 kN/m por cm de profundidad
Cultivador de campo con escandillas a 8-13 cm. prof.	1,5-4,4 kN/m
Rastra de clavos	0,3-0,9 kN/m
Rastra de resortes	1,1-2,9 kN/m

Fuente: Kepner, R.; Bainer, R. and Barger, E. 1978. Principles of farm machinery. Avi. Westport. pp. 506-507.

Nota 1: Fuerza por unidad de área de sección de surco para suelo liviano, mediano y pesado, respectivamente.

Nota 2: Para un suelo franco arenoso y mediano o franco arcilloso, respectivamente.

Debe destacarse la amplitud de los rangos presentados aún subdividiendo los suelos en 3 categorías. El factor profundidad es específicamente señalado para algunas herramientas, enfatizando así su importancia. Sin embargo, ninguno de los autores mencionados (Hunt, 1977; Kepner, Bainer and Barger, 1978) incluye la influencia de la velocidad.

A pesar de la amplitud de los rangos de los valores en los Cuadros 1 y 2, otros autores sugieren valores aún mayores o menores (de Dios, 1972; Frisby and Summers, 1979; Reid, 1978; Stephens, Spencer, Floyd and Brixius, 1981). Ferrando et al., por otro lado, enfatizan la importancia del filo de las rejas de los arados de vertedera sobre la demanda de fuerza, citando un aumento de 14,36 por ciento para las rejas sin filo.

La influencia de la velocidad sobre la demanda de fuerza de las herramientas de labranza es incluida en las ecuaciones de la norma ASAE Data No. 230.3, que se ilustra en el Cuadro 3. Otros autores (Ashburner y Sims, 1984; Dwyer, 1985; Ferrando, Smith, Donato de Cobo y Quintana, 1982; Kepner, Bainer and Barger, 1978; Mc Kyes, 1985; Reid, 1978) también reconocen la influencia grande que este factor puede tener sobre la demanda de fuerza. Consecuentemente, esta norma (ASAE, 1981) debiera entregar valores más cercanos a la realidad que los sugeridos por otros autores (Hunt, 1977; Kepner, Bainer and Barger, 1978).

Cuadro 3. Demanda de fuerza de algunas herramientas de labranza, en suelo franco, según la norma ASAE DATA No. 230.3 (1981)

EQUIPO	ECUACION
Arado vertedera, de alta velocidad con cuchillón circular y costanera. Fuerza en N/cm ² y S en km/hr.	$3 + 0,020 S^2$
Arado discos, 66 cm. diámetro, 22° inclinación vertical, 45° ángulo ataque. Fuerza en N/cm ² y S en km/hr.	$2,4 + 0,045 S^2$
Arado cincel en suelo firme, por brazo espaciado a 30 cm. Incluye resistencia al rodado. 8,26 cm prof. Fuerza (D) en N/brazo y S en km/hr. La fuerza a prof. x (d) _x sigue la ecuación: $D_x = D_{8,26} \cdot \frac{dx^2}{8,26}$	$540 + 49,2 S$
Rastra discos. Fuerza por masa (M) a cualquier velocidad, prof. de trabajo típica. Fuerza en N y M en kg	$11,7 M$

Fuente: ASAE. Agricultural machinery management data. ASAE Data No. 230. 3. ASAE Year-book 1981. pp. 243-250.

El Cuadro 4 presenta la demanda de potencia de algunos equipos calculada según los valores sugeridos por los autores anteriormente citados (Hunt, 1977; Kepner, Bainer and Barger, 1978 y ASAE, 1981). Los resultados muestran variaciones dentro del rango 1,6 - 8,8 o/o, lo cual es razonablemente aceptable. El Cuadro 5, por otro lado, muestra la demanda de energía de dos sistemas de aradura basados en equipos con diferente tipo de herramienta y número de ellas. Los resultados muestran que el ancho de trabajo de los equipos con un mismo tipo de herramienta no afecta la demanda de energía por unidad de superficie. Sin embargo, debe destacarse que se produce una reducción sustancial (32,4o/o) en la energía necesaria para arar una hectárea al cambiar el arado de discos o vertedera por el cincel. Este menor gasto se origina en la menor demanda de fuerza por unidad de sección de surco que demanda el cincel (Hunt, 1977; Kepner, Bainer and Barger, 1978; ASAE, 1981; de Dios, 1972; Frisby and Summers, 1979; Mc Kyes, 1985; Reid, 1978; Summers Khalilian and Batchelder, 1986).

Cuadro 4. Demanda de potencia de 4 equipos de labranza. Suelo medianamente pesado, con factor de pérdida por tracción de 0,60; A 7 km/hr

Equipo	Potencia: kW (HP) según:		
	Hunt (1977)	Kepner et al. (1978)	ASAE (1)
Arado 3 discos - 0,75 m	30,6	33,3	31,1
4 discos - 1,00 m (18 cm. profundidad)	40,8 (54,7)	44,3 (59,4)	41,5 (55,6)
Cincel 5 brazos - 1,5 m	38,9	40,3	41,8
7 brazos - 2,1 m (18 cm profundidad)	54,5	56,4	58,5

Cuadro 5. Demanda de energía de 4 sistemas de aradura. Velocidad: 7 km/hr; profundidad: 18 cm; eficiencia de campo: 80o/o. (Norma ASAE).

Equipo	Potencia (kW)	Rendimiento (hr/ha)	Energía (kW-hr/ha)
Arado 3 discos	31,1	2,38	74,0
4 discos	41,5	1,78	73,9
Cincel 5 brazos	41,8	1,19	49,7
7 brazos	58,5	0,85	49,7

El Cuadro 6, por otra parte, compara la demanda de energía necesaria para realizar araduras y otras operaciones de labranza en 4 países. Se destaca la gran discrepancia entre los valores presentados por los diferentes autores para sus respectivas situaciones. La explicación de estas diferencias debe considerar las condiciones de trabajo en lo que respecta al tipo de suelo y a la eficiencia de campo, que es muy alta en USA y podría serlo en Argentina. El tamaño reducido de los predios chilenos e ingleses disminuye notoriamente esta eficiencia de campo aumentando la energía necesaria para ejecutar las diferentes operaciones. Las enormes diferencias en la operación de subsolado pueden explicarse por la distancia entre las diferentes pasadas y la textura del suelo.

Cuadro 6. Comparación de la demanda energética de operaciones de labranza en cuatro países

Operación	Gasto energético (kW-hr/ha) según:			
	de Dios (1972) (Argentina)	Dwyer (1985) (UK)	Hunt (1977) (USA)	Hetz (Chile)
Aradura dis. (vert.)	50 (46)	70	57	74
Cincelado	49	s.i.	38	50
Subsolado a 45 cm	145	60	40	120
Rastraje dis. liviano	19	30	16	35
Rastraje dis excentr.	38	s.i.	28	60
Rastraje clavos (resor.)	9	s.i. (20)	6 (21)	15 (20)
Rastra combinada	13	s.i.	s.i.	25

s.i. = sin información

Otro factor importante que puede explicar estas diferencias es el marco de referencia (fronteras del sistema) utilizado por los investigadores para realizar su trabajo. Es común, por ejemplo, que no se incluya la energía secuestrada en los metales de los equipos, su reparación, mano de obra y otros insumos energéticos, haciendo el análisis sólo con los gastos operacionales o directos (Mc Kyes, 1985; Smith and Fornstrom, 1978; Triplett and Van Doren, 1977; de Dios, 1972; Dwyer, 1985).

Demanda energética de algunos sistemas de labranza

La demanda energética de los sistemas de labranza depende, básicamente, de la intensidad y tipo de equipos utilizados por él. En un sistema que tenga la misma denominación en diferentes regiones o países pueden producirse diferentes gastos energéticos derivados de variantes condicionadas por aspectos locales específicos.

El Cuadro 7 muestra la demanda energética de 3 sistemas de labranza para granos finos, en USA (Collins, Williams and Kemble, 1981). Es notable el ahorro de energía que se logra con el sistema de cero labranza.

Cuadro 7. Demanda energética de 3 sistemas de labranza para granos finos, en USA

Sistema Labranza	Gasto Energía MJ/ha
Arado cincel; rastra discos + rodillo; sembradora cero labranza	247
Arado cincel; Roterra + sembradora	213
Sembradora cero labranza	50

Fuente: Collins, N. et al. Measured machine energy requirements for grain production systems. ASAE Publication 4-81: pp. 407-411. 1981.

El Cuadro 8, por otra parte, presenta la demanda energética de cinco sistemas de labranza en Inglaterra (Ashburner y Sims, 1984). Nuevamente se destaca la reducción del gasto energético al pasar a sistemas de labranza reducida y a su máxima expresión en la cero labranza. Los valores presentados en los Cuadros 7 y 8 son bastante similares, aunque muy reducidos ya que sólo incluyen los gastos energéticos directos. El Cuadro 8 hace resaltar el gran gasto energético en labranza primaria.

Los resultados de nueve investigaciones realizadas por varios autores, citados por Fluck y Baird (1979), muestran que la demanda total de energía para producir maíz en USA es, aproximadamente, 30.000 MJ/ha. En base a esta información Fluck y Baird (1979) aseguran que el paso

de labranza tradicional a cero ahorra 1.000 MJ/ha, cuando se contabilizan todos los insumos energéticos. Esto enfatiza la importancia de incluir todos los aspectos relevantes en el sistema analizado.

Cuadro 8. Demanda energética de cinco sistema de labranza en Inglaterra

Sistema de Labranza Franco arcillo	Consumo de Energía. MJ/ha. (a). Tipo suelo y cultivo		
	Franco arcilloso Trigo invierno	Franco limoso Trigo invierno	Franco arcilloso Cebada primavera
Arado + rastra + sembradora (Labranza tradicional)	320 (245)	180 (118)	324 (307)
Arado cincel (12,5 cm) dos pasadas + cultivador combinado con sembrador	286 (203)	194 (147)	308 (213)
Aradura a 10 cm + cultivador combinado con sembradora (Labranza reducida)	187 (115)	108 (68)	203 (133)
Azadón rotativo + cultivador combinado con sembradora (Labranza reducida)	176 (117)	144 (88)	201 (156)
Herbícida + Sembradora directa (Cero Labranza)	38 (0)	43 (0)	54 (0)

(a) No incluye pérdidas por tracción; labranza primaria entre paréntesis.

Fuente: Ashburner y Sims (1984)

Finalmente, el Cuadro 9 presenta la demanda energética de dos sistemas de labranza para raps (colza) en Chile. Estos valores son mayores que los presentados por otros autores (Ashburner y Sims, 1984; Collins, Williams and Kemble, 1981; Stephens Spencer, Floyd and Brixins, 1981) pero comparan favorablemente con los valores encontrados por Smith y Fornstrom (1978), Michel et al (1985) y Fluck y Baird (1980). Los resultados del Cuadro 9 incluyen la energía secuestrada en los equipos agrícolas utilizados y considera las condiciones reales de producción de raps en la precordillera Andina de la provincia de Ñuble.

Cuadro 9. Demanda energética de dos sistemas de labranza para raps en Ñuble, Chile

Operaciones	Gasto Energético (MJ/ha)	
	Sistema Tradicional	Cero Labranza
Aradura	284	--
Aplicación de herbicidas	--	35
Rastraje con discos	171	--
Rastraje con clavos	54	--
Siembra	65	110
TOTAL:	574	145

Fuente: BAFALLUY, R. y HETZ, E. Requerimientos energéticos para la producción de raps en Ñuble. Universidad de Concepción, Dpto. Ingeniería Agrícola, Chillán. 1987 (Memoria de Título en ejecución).

Literatura citada

1. ASAE. Agricultural Engineers Yearbook. American Society of Agricultural Engineers. ASAE Data No. 230.3 pp. 243-250. St. Joseph. Michigan. 1981.
2. ASHBURNER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. IICA, San José, Costa Rica. 1984. 474 p. (Serie de Libros y Materiales Educativos No. 56).
3. COLLINS, N.; WILLIAMS, T. and KEMBLE, L. Measured machine energy requirements for grain production systems. ASAE Publication 4-81. vol. 2: 407-411. 1981.
4. de DIOS, C. Potencia y energía absorbidas por máquinas de labranza y siembra. INTA, Pergamino, Argentina. Informe Técnico No. 116. 1972. 10 p.
5. DWYER, M. Power requirements for field machines. The Agricultural Engineer, Summer 1985. pp. 50-59. 1985.
6. FERRANDO, J. y SMITH, J. Vibrocultivador (I): potencia requerida según la velocidad de Trabajo. INTA, Castelar, Argentina. Serie: Labranzas No. 14. 1985.
7. _____; DONATO DE COBO, L. y QUINTANA, M. Velocidad de labranza en el arado de rejas y su incidencia en la energía consumida. INTA, Castelar, Argentina. IDIA Mayo-Agosto. pp. 56-61. 1982.

8. FERRANDO, J.; PENSOTTI, G.; SMITH, J.; DONATO DE COBO, L.; BOGLIANI, M. y BENEFICO, A. Ensayo experimental comparativo entre arado de rejas con filo y rejas sin filo; su incidencia en el esfuerzo de tracción, potencia demandada, coeficiente de labranza, capacidad de trabajo y energía consumida. INTA, Castelar, Argentina. Serie: Labranzas No. 5. 1982.
9. FLUCK, R.C. and BAIRD, C.D. Agricultural energetics. Avi Pub. Co., Westport, Connecticut. 1980, 192 p.
10. FRISBY, J. and SUMMERS, J. Energy-related data for selected implements. Transactions of the ASAE 22 (6): 1010-1011. 1979.
11. GILL, W. and VANDEN BERG, G. Soil dynamics in tillage and traction. USDA-ARS. Agriculture Handbook No. 316. 1967, 511 p.
12. HUNT, D. Farm power and machinery management. 7th. ed. Iowa State University Press. pp.28-52; 277-288. 1977.
13. KEPNER, R.A., BAINER, R. and BARGER, E.L. Principles of farm machinery. Avi Pub. Co., Westport, Conn., USA, 1978, 527 p.
14. MATHEWS, J. The power requirements for tillage in the next decade. The Agricultural Engineer 34 (4): 99-104. 1979.
15. McKYES, E. Soil cutting and tillage. Elsevier, Amsterdam, 1985, 217 p. (Developments in Agricultural Engineering No. 7).
16. MICHEL, J.; FORNSTROM, K. and BORRELLI, J. Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugarbeets, dry beans and corn. Transactions of the ASAE 28 (6): 1731-1735. 1985.
17. REID, J. A comparison of the energy input of some tillage tools. ASAE Paper 78-1039. 1978, 11p.
18. ROJAS, G. y SOZA, R. Reducción de la labranza en Chile. Próxima Década (3): 20-24. Santiago. 1982.
19. SMITH, J. and FORNSTROM, K. Energy requirements of selected dryland wheat cropping systems. ASAE Paper 78-1516, 1978, 13 p.
20. SOANE, D and PIDGEON, J. Tillage requirements in relation to soil physical properties. Soil Science 119: 370-384. 1975.
21. STEPHENS, L.; SPENCER, A.; FLOYD, V. and BRIXIUS, W. Energy requirements for tillage and planting. ASAE Paper 81-1512, 1981, 9 p.

22. SUMMERS, J.; KHALILIAN, A. and BATCHELDER, D. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils. Transactions of the ASAE 29 (1): 37-39. 1986.
23. TAYLOR, J. Energy savings through improved tractive efficiency. ASAE Publication 4-81. vol. 2:422-425. 1981.
24. TRIPLETT, G. and VAN DOREN, D. Agriculture without tillage. Scientific American 236 (1) 28-33. 1977.

SELECCION Y DISEÑO DE IMPLEMENTOS DE TIRO ANIMAL EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

por Jorge Riquelme S. *

Introducción

De acuerdo con el V Censo Agropecuario, existen 262.700 predios agrícolas de menos de 50 has equivalente al 86 por ciento de la propiedad agrícola existente en el país.

Estos agricultores en su mayoría, no cuentan con recursos económicos para adquirir maquinaria motriz convencional: Tractores y equipos como arados, rastras sembradoras, equipos aplicadores de pesticidas y cosecha.

Para resolver la falta de medios técnicos de dichos predios, los agricultores utilizan tracción animal o arriendan equipos. Ambas alternativas presentan problemas. En el primer caso la maquinaria que existe es de diseño antiguo y existen pocos elementos para resolver todas las tareas agrícolas que demandan un tipo especial de maquinaria. En el segundo, la maquinaria arrendada es cara y no siempre está disponible en el momento oportuno que se le requiere.

INIA, consciente de esta realidad, inició en el año 1983 una línea de trabajo orientada al estudio y desarrollo de una tecnología apropiada para esta gran mayoría de agricultores.

Además, realizó convenios con empresas de ingeniería que asumieran la responsabilidad en el desarrollo mecánico de los equipos y su comercialización.

Los criterios utilizados para la selección y diseño de esta maquinaria de tracción animal han sido la obtención de una maquinaria de bajo costo, capaz de realizar el trabajo sin romperse, que presente la menor resistencia al suelo, con el menor consumo de energía, ya que ésta es la mayor limitante del sistema.

El conocimiento de las propiedades físicas del suelo, no sólo han sido importantes para seleccionar y diseñar la maquinaria adecuada, sino que también para entregar las recomendaciones de uso a los agricultores que emplean este tipo de maquinaria.

El objetivo de este trabajo es mostrar las principales propiedades físicas del suelo y como han sido utilizadas para la selección y diseño de los diferentes equipos de tracción animal que INIA desarrolla.

* *Ingeniero Agrónomo, Estación Experimental Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.*

Propiedades físicas del suelo que condicionan su resistencia

Al efectuar una preparación de suelo se requiere de una fuerza para vencer la resistencia que opone éste mediante sus propiedades de cohesión y fricción.

De acuerdo a Coulom y Micklethwaite, esto se puede expresar como:

FUERZA DE CORTE MAXIMA = (Cohesión * Area de contacto) + (Fricción * Peso del Equipo)

La cohesión puede ser de dos tipos:

Cohesión superficial

Atracción entre los terrones o agregados por la tensión superficial del agua (Figura 1)

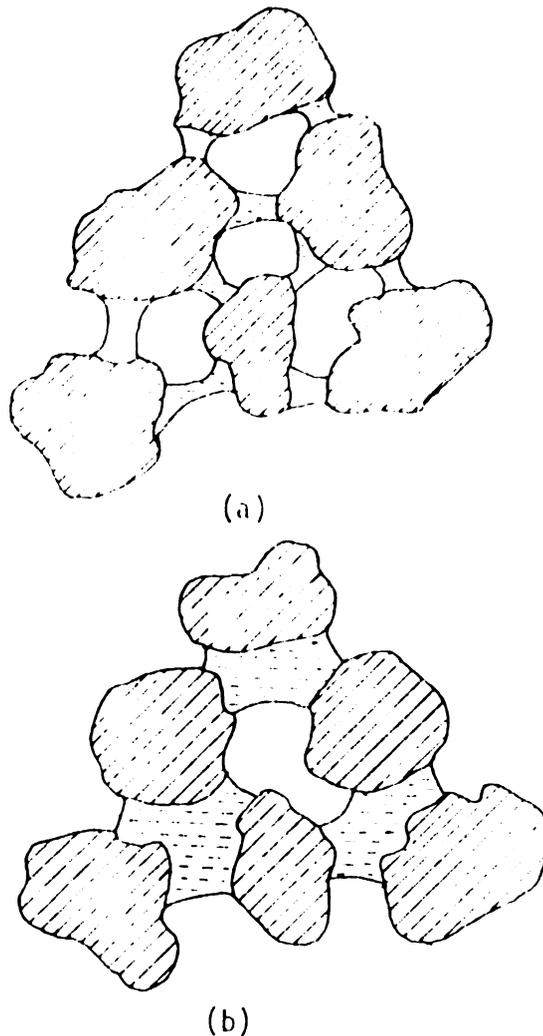


Figura 1. Atracción entre los terrones o agregados por la tensión superficial del agua. Esta ocasiona la cohesión superficial pero el número de interfases agua/aire disminuye con mayor humedad (b), asimismo el valor de la cohesión superficial.

Con poca humedad su valor es bajo, aumenta con mayor cantidad de agua mientras se forman más gotas, finalmente, con una humedad alta se funden las gotas de agua disminuyendo así la cohesión molecular (Figura 2).

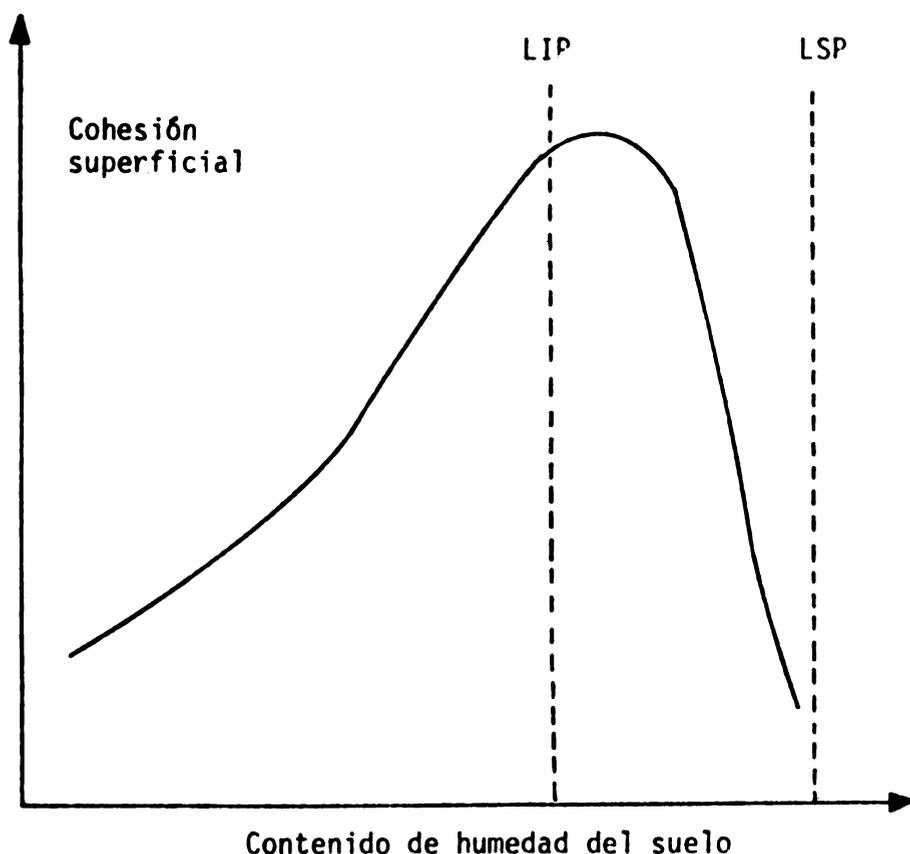


Figura 2. Efecto de la humedad sobre la cohesión superficial de un suelo.

Cohesión molecular

Este fenómeno se produce debido a que las partículas de arcilla poseen cargas negativas y atraen iones positivos. El dipolo agua es positivo y puede formar una unión fuerte que amarra las moléculas (Figura 3). Al aumentar la cantidad de agua, las moléculas de arcilla se distancian disminuyendo así el valor de la cohesión molecular (Figura 4).

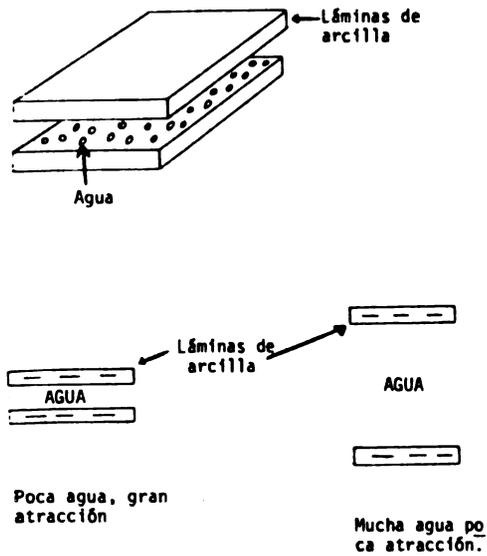


Figura 3. El agua entre las láminas o partículas de arcilla ejerce una atracción llamada cohesión molecular. Con poca agua, las partículas son atraídas fuertemente, pues la mayor humedad provoca distanciamiento y reducción en la fuerza de atracción.

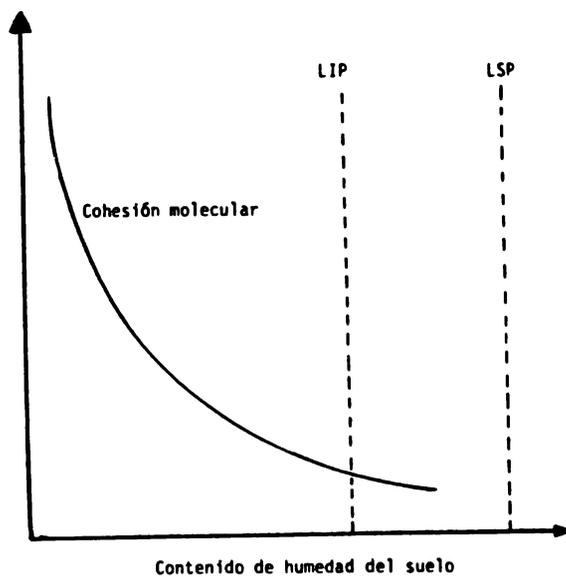


Figura 4. Efecto de la humedad sobre la cohesión molecular de un suelo.

La fricción interna de un suelo, está relacionada con el grado de compactación de este, a medida que aumenta la densidad del suelo, aumenta su grado de fricción (Figura 5).

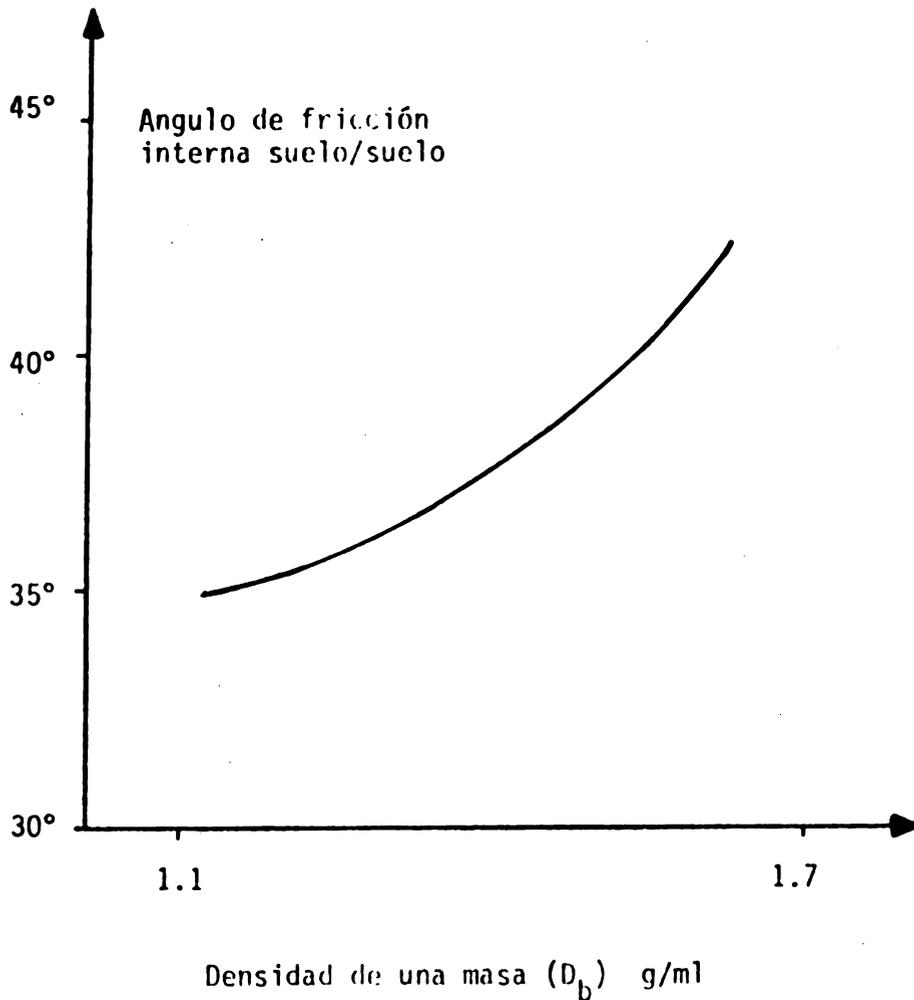


Figura 5. El ángulo de fricción interna de un suelo franco arenoso como función de su densidad en masa o su grado de compactación.

El Cuadro 1, nos presenta los valores de cohesión y fricción para diferentes tipos de suelo y condiciones físicas de éstos.

CUADRO 1. Valores típicos de la cohesión y el ángulo de fricción interna

Tipo de suelo	Tamaño típico de partículas (mm)	Estado	Angulo de fricción	Cohesión kN/m ²
Arena con partículas medianas	1.1	Compactado	38° - 40°	0
		Suelto	32° - 35°	0
Arena fina con materia orgánica	0.5 - 0.8	Compactado	25° - 30°	0
		Suelto	18° - 22°	0
Franco arenoso	0.02 - 0.2	Friable	24° - 28°	20 - 25
		Plástico	24° - 28°	10 - 15
Franco	0.01	Friable	22° - 26°	25 - 30
		Plástico	15° - 19°	15 - 20
Arcilloso	0.002	Friable	17° - 19°	40 - 60
		Plástico	10° - 24°	25 - 30

Así, un suelo arenoso no presenta cohesión, en cambio la fricción es máxima y mayor aún si está compactado.

Para un suelo arcilloso muy húmedo la fricción es mínima, en cambio para el mismo suelo en una condición de friable, la cohesión es máxima.

Así se puede ver, en forma simple, como disminuir la necesidad de tracción de un animal. En el caso de un suelo arcilloso húmedo, que demuestra propiedades cohesivas pero no friccionables, se debe aumentar la superficie de contacto, de este modo, el carruncho arrocero permite sacar los sacos del potrero con menos dificultad que una carreta. En cambio, al trabajar sobre un suelo arcilloso o arenoso seco removido que no tiene propiedades cohesivas, hay que aumentar el peso en el implemento para obtener una respuesta a la labor.

Normalmente el objetivo de la labranza es disminuir el número y tamaño de los terrones para mejorar el contacto semilla-suelo e impedir que se transformen en un obstáculo para la emergencia de las plantas.

La Figura 6 nos muestra que la resistencia de los terrones depende más de la cohesión molecular y sigue esta tendencia. En cambio la resistencia del suelo como masa depende de la cohesión superficial. Por lo tanto, para destruir los terrones será necesario trabajar con una humedad de suelo tal que la resistencia de los terrones sea inferior a la resistencia de la masa de suelo.

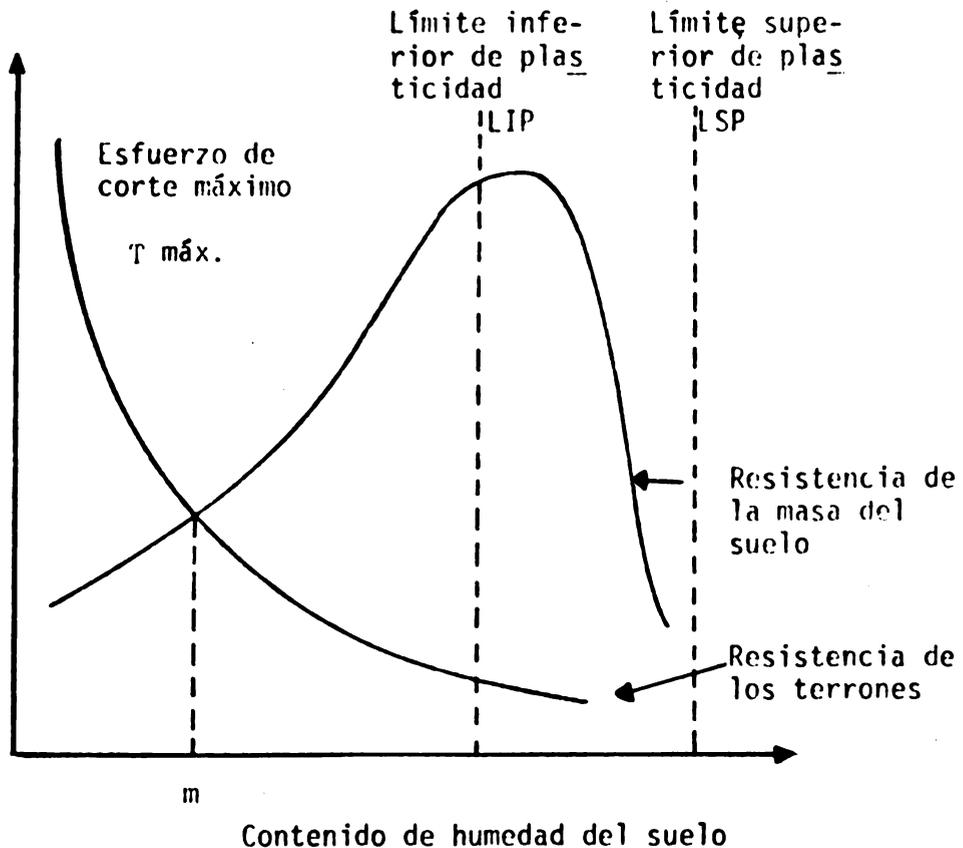


Figura 6. Resistencia en cizalla para la masa del suelo y los terrones individuales de acuerdo con la humedad del suelo.

En la Figura 7 apreciamos ambas curvas, resistencia del suelo y terrones, además sus valores relativos con las diferentes consistencias del suelo. También aparece la curva de adhesión suelo metal que representa la fuerza que se desarrolla entre dos materiales distintos y que tiende a evitar el deslizamiento entre ellos, a medida que aumenta el contenido de humedad se incrementa la resistencia al deslizamiento, hasta que el suelo llega a una consistencia de líquido donde la resistencia disminuye notablemente.

Lo primero que se debe considerar al realizar una labor en el suelo, es su consistencia, lo que depende en mayor grado del contenido de humedad, la que determina la factibilidad de cada operación básica y difícilmente se puede realizar una operación más que en uno de los estados físicos del suelo: cementado, friable, plástico y líquido.

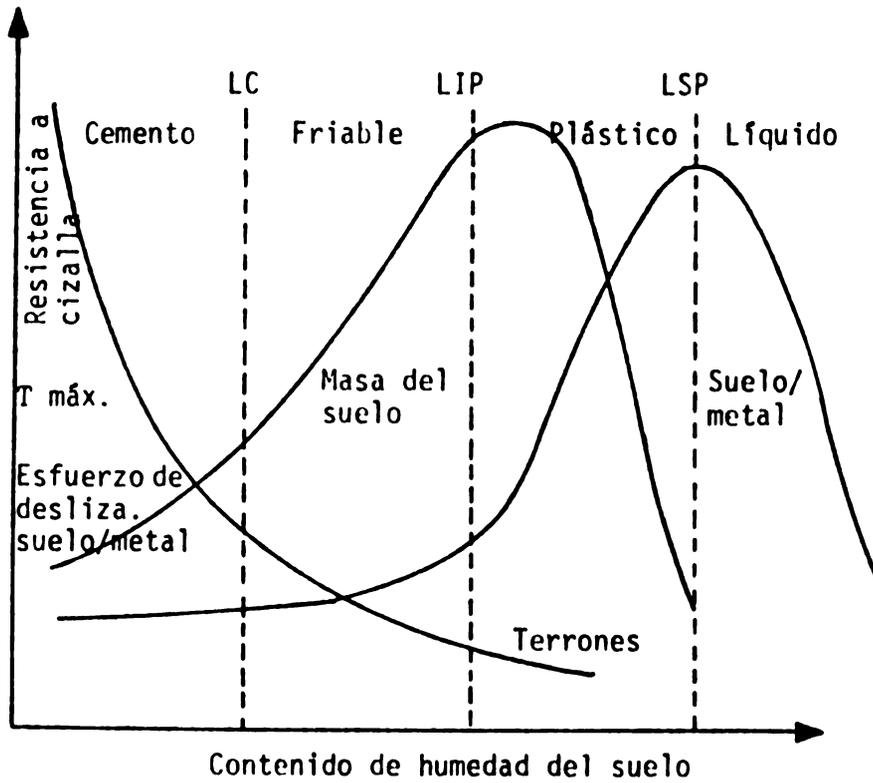


Figura 7. Resistencia a cizalla de los terrones y la masa del suelo como función de la humedad y el esfuerzo de deslizamiento suelo/metal.

Labor de inversión

El objetivo de la operación de inversión, es enterrar la parte superficial del suelo para controlar malezas, es importante que el prisma del suelo se invierta totalmente y no se desintegre previamente. (Figura 8)

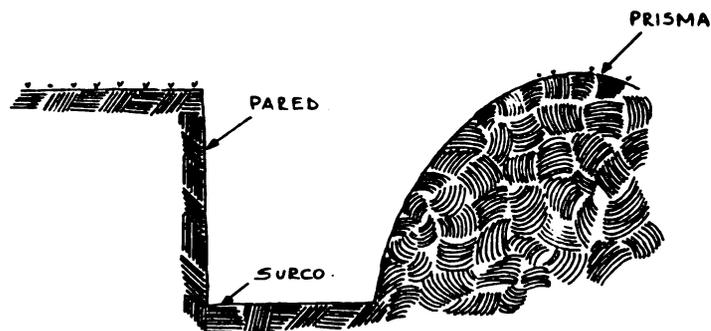


Figura 8. Puntos de observación para identificar la calidad de una inversión.

Esto ocurre en el caso de suelos cementados donde se producen grandes terrones que dificultan una buena inversión. La mejor consistencia es friable, en el estado plástico aumenta el esfuerzo de deslizamiento y se produce sellamiento en la superficie de corte (Cuadro 2, pág. 126).

Al utilizar animales para este trabajo, es necesario reducir el requerimiento de potencia, para no agotar una fuente reducida de energía. Con el multicultor FAMA-E-INIA, se emplea un arado simple diseñado para trabajar a poca profundidad, que invierte el suelo en forma apropiada (Figura 9, 127). Este mismo arado se puede instalar en el multicultor con un sistema de doble rueda que permite un mejor control de la profundidad de trabajo y menor esfuerzo para el operador ya que el arado se estabiliza de tal modo que éste sólo debe preocuparse de la conducción del animal (Figura 10, pág. 128 y 11, pág. 129).

Otro tipo de arado que se puede instalar en el multicultor FAMA-E-INIA, es el arado reversible que permite mejorar la eficiencia de trabajo (Figura 12, pág. 129). El arado reversible alistado, disminuye el efecto de adhesividad en suelos arcillosos en consistencia de plástico, mediante el recurso de disminuir el área de contacto (Figura 13, pág. 130).

En el multicultor ICAT-INIA, se puede enganchar uno a dos arados de vertedera, no sólo con la ventaja de la comodidad para el operador, sino que es posible regular el ancho y profundidad de trabajo con el sistema de levante del multicultor (Figura 14, pág. 130).

Labor de mezcla y desintegración

La rastra de disco de acción simple ICAT-INIA, es el equipo apropiado para desintegrar el suelo rompiendo terrones y aglomerados grandes, la humedad del suelo en este caso es muy importante y es óptima en la consistencia friable, donde los terrones tienen una mayor resistencia que la masa del suelo (Cuadro 2, pág. 126).

También la rastra de disco puede realizar una labor de corte, lo que es útil en el caso que exista cubierta vegetal.

La acción de la rastra de disco depende del ángulo de ataque y peso. El ángulo de ataque se regula mediante la traba, a mayor traba menor es el ángulo de ataque. El peso se aplica mediante el sistema de levante, el sistema de regulación del equipo, permite aplicar todo el peso del carro, incluso el operador sobre la rastra de disco (Figura 14, pág. 130).

Otra labor que se realiza con la rastra de disco, es el de mezcla de suelo, donde también se requiere una consistencia friable del suelo, de este modo se pueden incorporar fertilizantes, pesticidas, materia orgánica incluso siembra de grano pequeño como trigo.

Labor de rearreglo y emparejamiento de suelo

El implemento adecuado para este tipo de labor es el escarificador, el cual reemplaza con ventaja a la rastra de clavo convencional (Figura 15, pág. 131).

Es de suma importancia considerar la velocidad de trabajo para este tipo de labor, con baja velocidad de trabajo existe poca mezcla, mientras que a mayor velocidad, existe una mejor mezcla del suelo pero también un exceso de mullimiento.

Cuadro 2. Utilización implementos versus suelo.

IMPLEMENTO	OPERACION	OBJETIVO	Consistencia de suelo óptima	Resistencia masa suelo	Suelo/suelo terrones	Suelo/metal suelo/metal
1. Arado vertedera Multicultor ICAT-INIA Multicultor FAMAE-INIA	Inversión	Invertir el suelo para enterrar capa y/o materia superficial.	Friable humedad	Alto	Bajo	Bajo
2. Surcadores y acequiadores ICAT-INIA y FAMAE-INIA	Movimiento de suelo	Trasladar al suelo para formar surcos.	Friable	Bajo	Bajo	Bajo
3. Cultivadores ICAT-INIA y FAMAE-INIA	Corte para controlar malezas	Controlar malezas superficial por medio de un corte por debajo de la superficie del suelo.	Friable	Alto	Bajo	Bajo
4. Escarificador y rodillo ICAT-INIA	Estallamiento	Levantar ligeramente el suelo para aumentar su porosidad.	Friable seco	Similares	Similares	Bajo
5. Sembradora ICAT-INIA	Composición de rearreglo	Rearreglar los aglomerados de suelo para llevar los poros grandes con aglomerados pequeños y así aumentar la densidad de la masa de suelo.	Friable seco	Bajo	Alto	Bajo
6. Rastra de disco Multicultor ICAT-INIA	Emparejamiento Mezcla	Nivelar la capa superficial. Mezclar capa y/o materia superficial con los estratos inferiores.	Friable	Alto	Bajo	Bajo
	Desintegración	Reducir el tamaño de los terrones por medio de rotura.	Friable	Bajo	Variable	Bajo
				Alto	Bajo	Alto

Si el trabajo de los escarificadores se acompaña con un rodillo jaula, se logra un mejor mullimiento y emparejamiento de la cama de semilla (Figura 16, pág. 131, Cuadro 2).

Labor de movimiento de suelos

Este tipo de labor se utiliza para la construcción de surcos o camellones, para hacerlo con el mínimo esfuerzo es necesario tener el suelo en condición de friable (Cuadro 2).

En el caso del multicultor ICAT-INIA, se pueden ubicar tres surcadores con un máximo de 55 cm de separación (Figura 17, pág. 132). Estos son del tipo cara cóncava para construir surcos

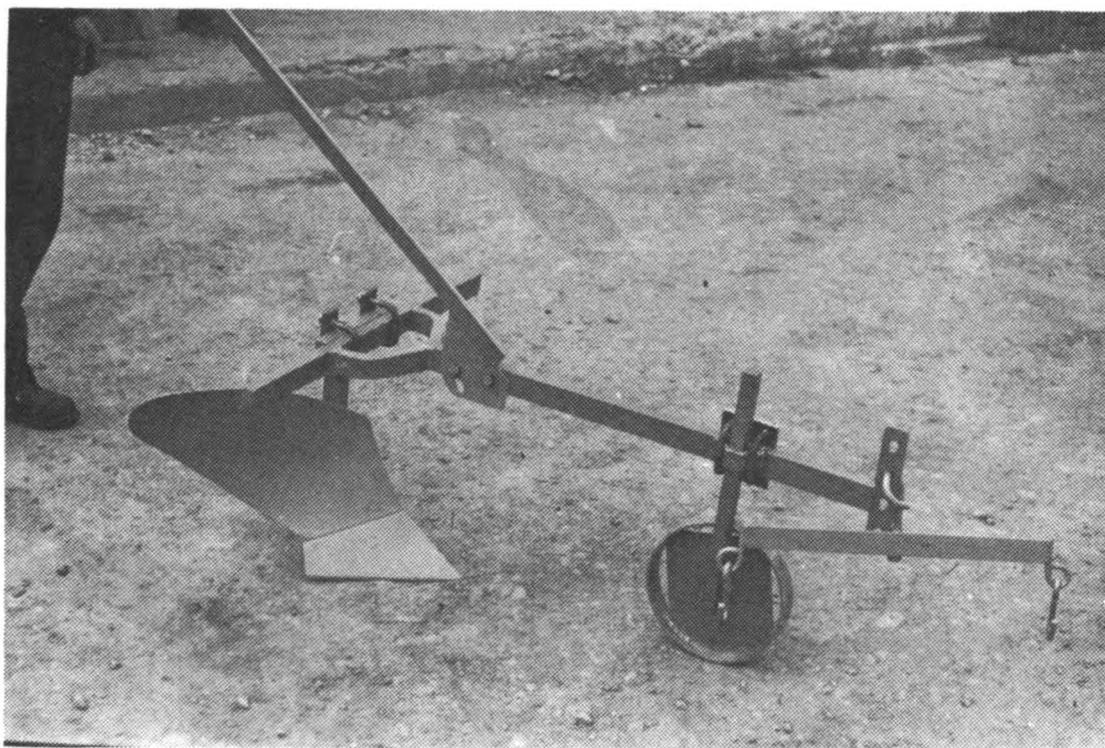


Figura 9 - Arado de vertedera simple FAMA-E-INIA. Realiza un corte uniforme y a una profundidad adecuada.

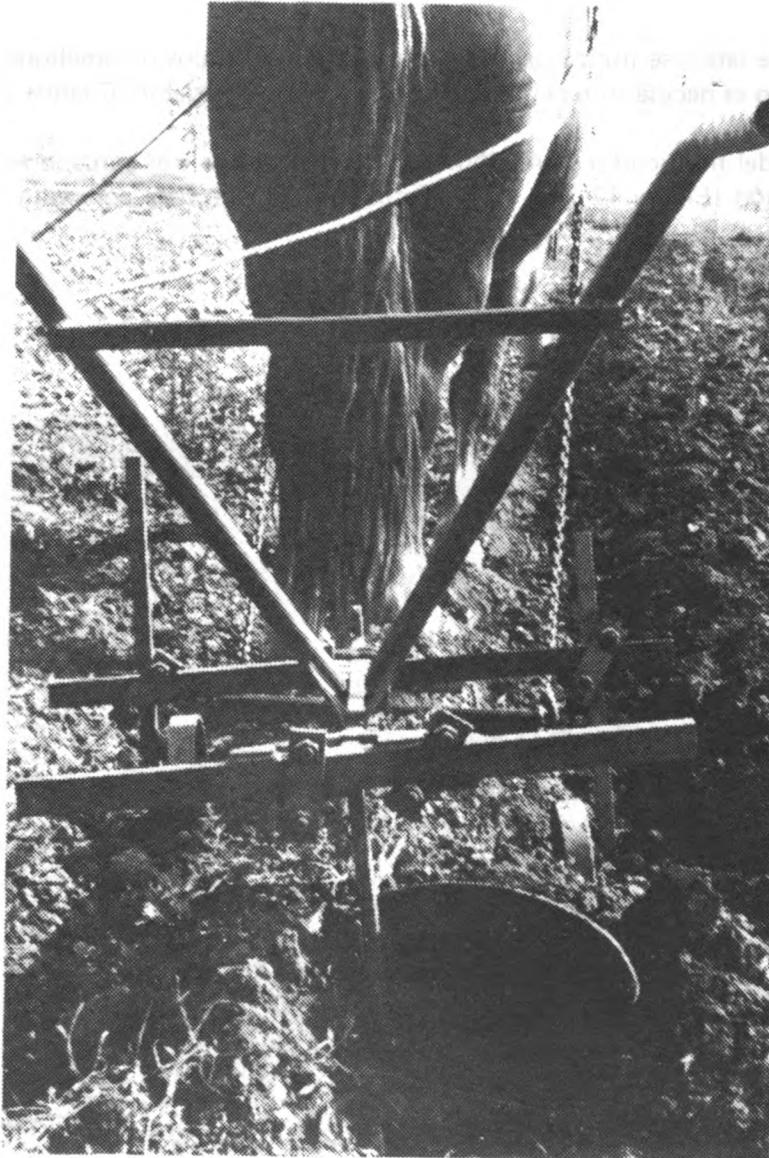


Figura 10. Sistema de trabajo con doble rueda, mejora el control de profundidad y ancho de trabajo.



Figura 11. El operador sólo debe preocuparse de la conducción del animal.

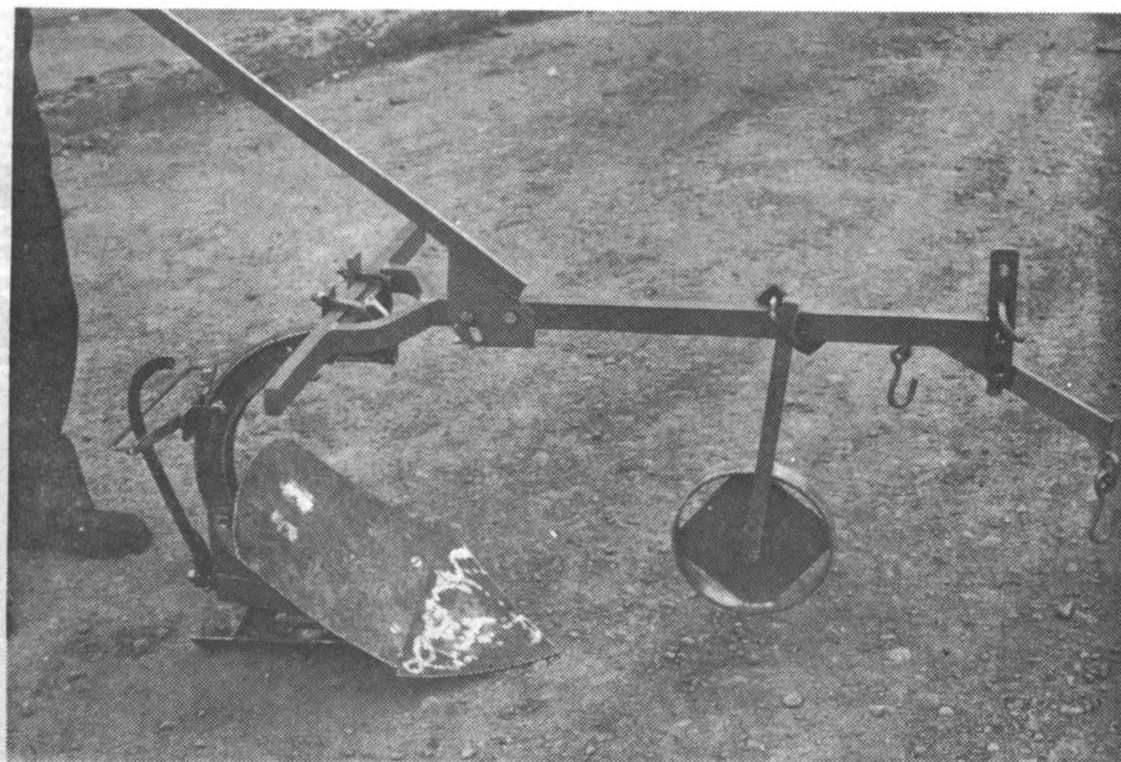


Figura 12. Arado reversible FAMA-E-INIA. Mejora la eficiencia de trabajo conservando el nivel del suelo.

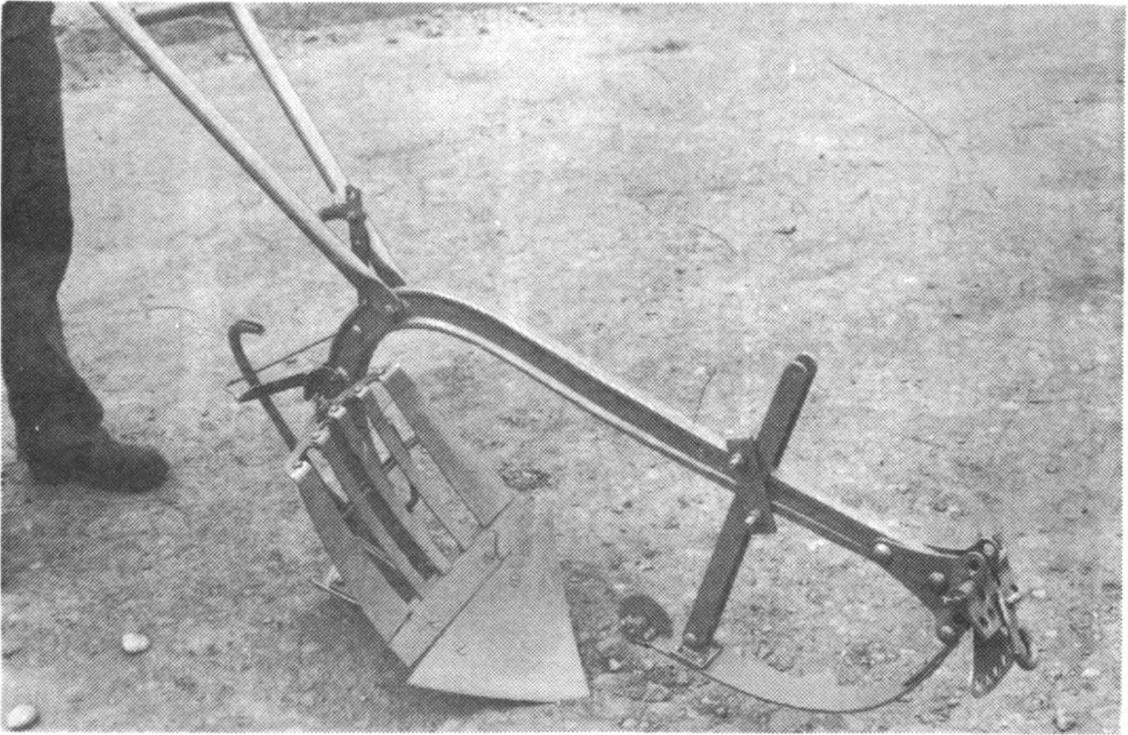


Figura 13. Arado reversible alistonado FAMAE-INIA. Permite trabajar en suelos arcillosos plásticos disminuyendo el esfuerzo de adhesión.



Figura 14. Arado de vertedera ICAT-INIA



Figura 15 - Rastra de ocho disco de acción simple ICAT-INIA.

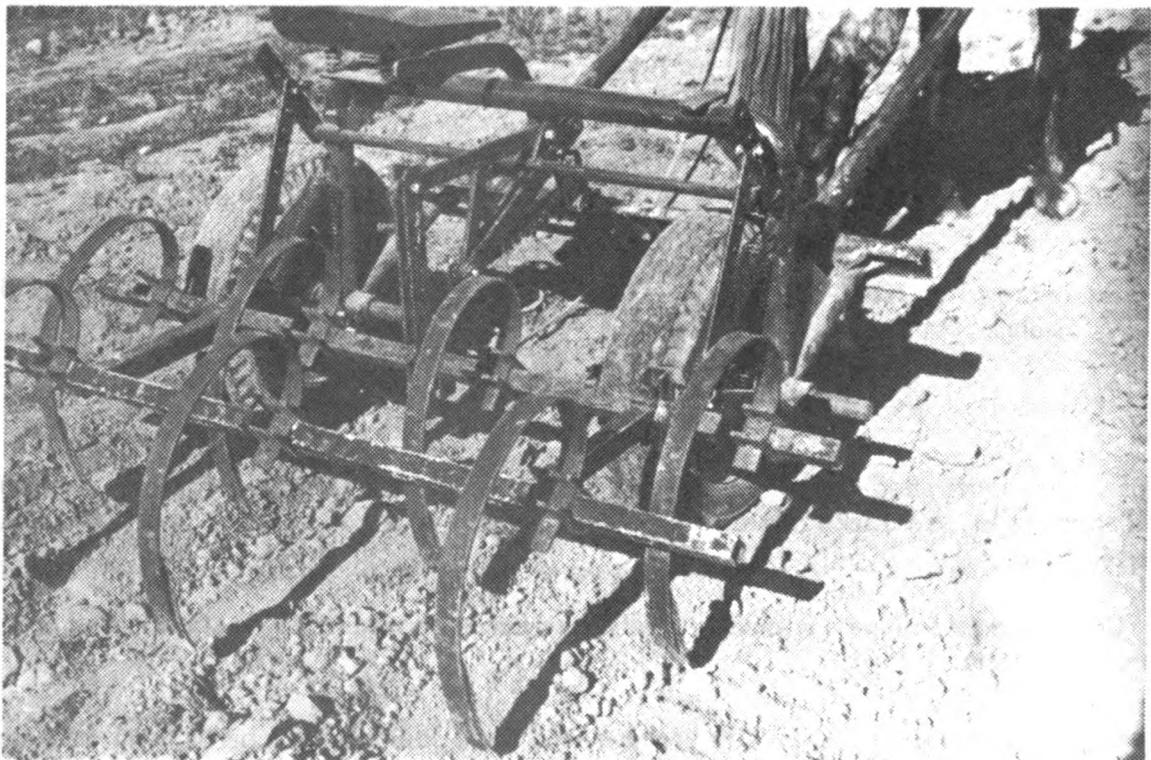


Figura 16 - Escarificador de siete puntas móviles ICAT-INIA.



Figura 17. Vibrocultor ICAT-INIA. Trabajo combinado de escarificadores con un rodillo tipo jaula.

anchos y camellones altos, también se podrían utilizar los de cara vertical, pero tienen problemas de penetración. El otro diseño interesante, es el de cara convexa con el que se consiguen paredes más estables.

Con una metodología apropiada de trabajo se puede conseguir mayor eficiencia en la labor de surcado de suelo:

Primero se ubican los surcadores con una separación equidistante a partir de la rueda derecha (Figura 18). Para conseguir surcos paralelos se elige un punto de referencia en el fondo del

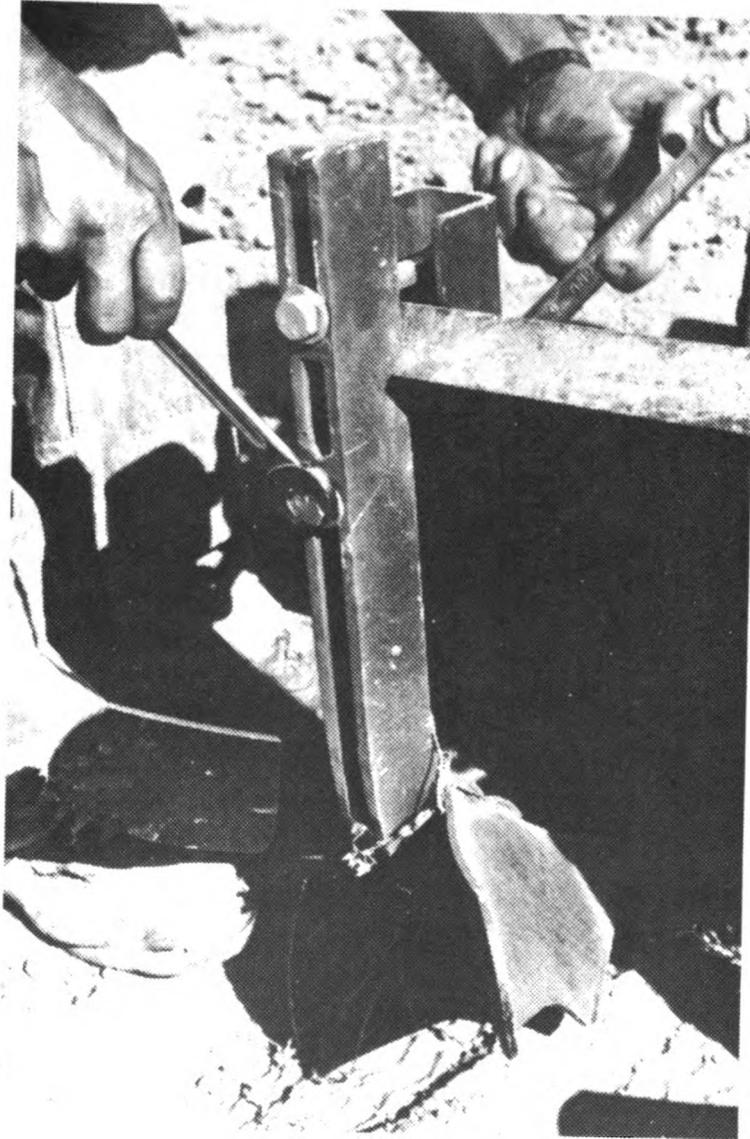


Figura 18. Conexión de un surcador en la barra portaimplemento del multicultor ICAT-INIA.

potrero y se trazan los primeros surcos en la forma más recta posible (Figura 19). Una vez trazados los primeros surcos, se regresa por la derecha conduciendo la rueda guía por el fondo del primer surco (Figura 20, pág. 135). Se obtiene así, un potrero con surcos equidistantes y paralelos, lo que permite un mejor control del riego posterior (Figura 21, pág. 135).



Figura 19. Los tres surcadores apropiadamente ubicados para iniciar el trabajo.

Otro implemento de movimiento de suelo es el acequiador, el que permite conducir el agua de riego o construir los desagues apropiados (Figura 22, pág. 136). Esta labor es exigente en requerimiento de potencia, para lo cual es indispensable un suelo en consistencia de friable. En la Figura 23 (pág. 136) se aprecia que el suelo superficialmente tiene una consistencia de cementado, lo que provoca desmoronamiento de los bordes del surco.

Otra alternativa para surcar es utilizar un solo surcador montado en la barra portaimplemento del multicultor FAMA-E-INIA (Figura 24, pág. 137). También se cuenta con un acequiador de aletas regulables (Figura 25, pág. 137 y 26, pág. 138).



Figura 20. Al ejecutar los primeros surcos, se escoge un punto de referencia al fondo del potrero, para que estos queden lo más recto posible.



Figura 21. Una vez completado los primeros surcos, se regresa por la derecha llevando la rueda derecha por el primer surco anterior.



Figura 22. De esta manera se obtiene un potrero con surcos paralelos lo que permite un manejo más eficiente del riego.

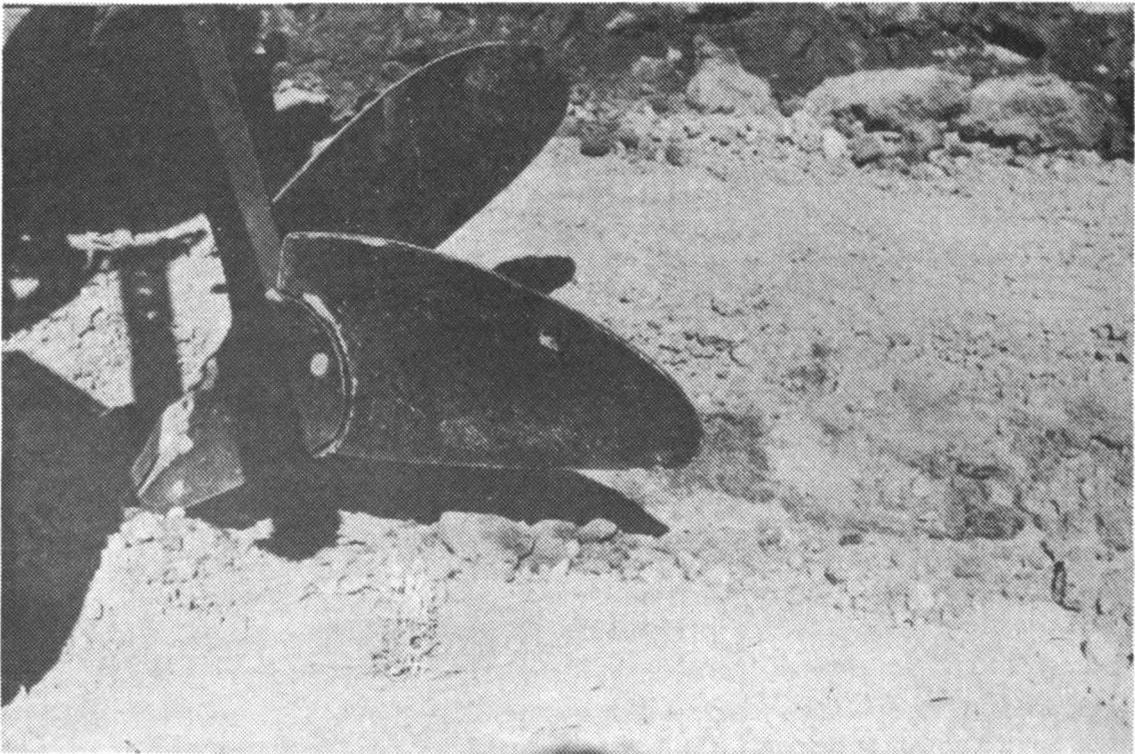


Figura 23. Acequiador ICAT-INIA

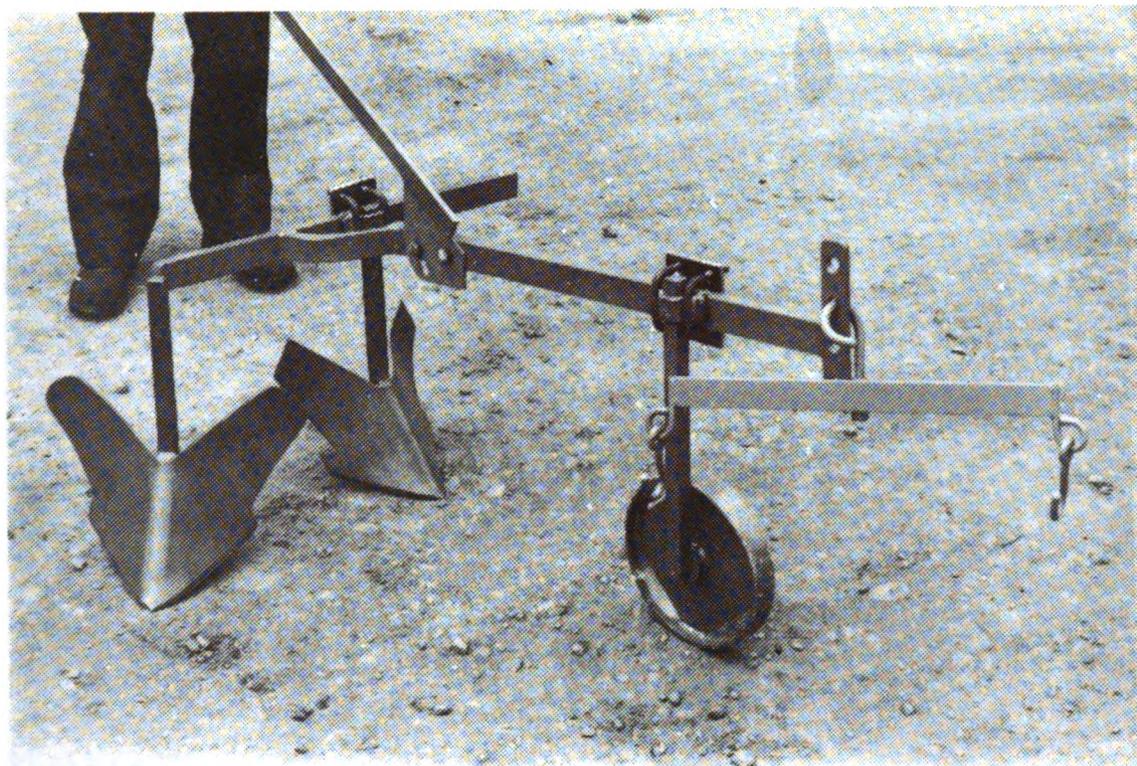


Figura 24. Surcadores FAMAЕ-INIA

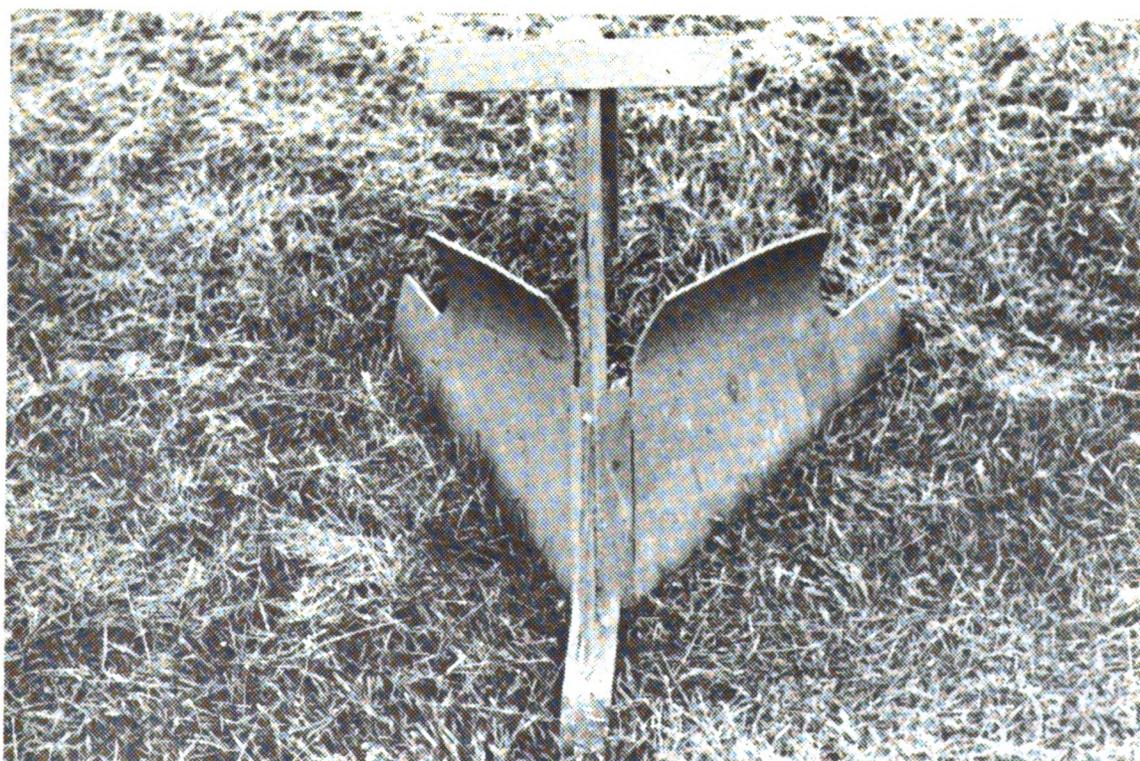


Figura 25. Acequiador FAMAЕ-INIA

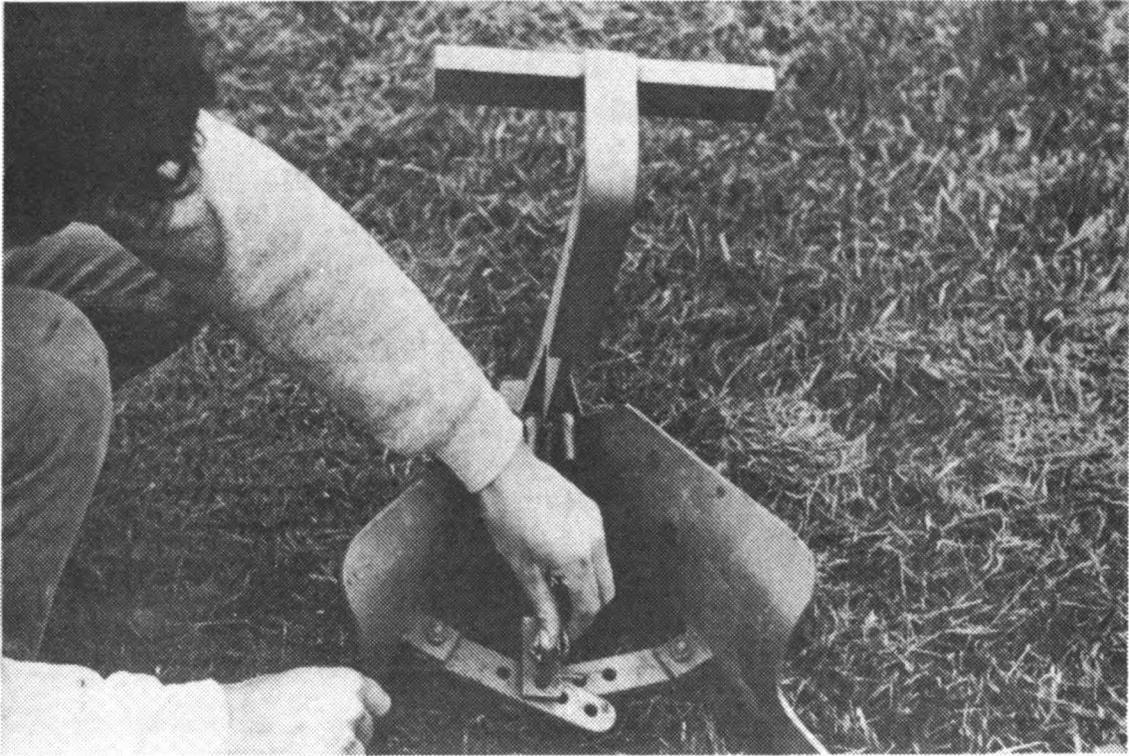


Figura 26. Ajuste de trocha acequiador FAMAЕ-INIA.

Labor de corte y estallamiento de suelo

La labor de corte para el control de maleza, debe considerar condiciones que permitan el trabajo de las cuchillas a poca profundidad actuando paralelos a la superficie, esto se consigue con el suelo en consistencia friable (Cuadro 2). Un suelo cementado presenta alta resistencia al corte y un suelo plástico favorece el restablecimiento de las malezas, además que se forma una capa impermeable. Utilizando herramientas tipo cincel, se puede efectuar una labor de estallamiento superficial, para mejorar la porosidad del suelo.

La Figura 27 muestra el multicultor ICAT-INIA con cultivadores tipo escardillo para el control mecánico de malezas.

En el multicultor FAMAЕ-INIA, se pueden enganchar vástagos canadienses y diferentes tipos de herramientas de acuerdo a la labor que se quiera realizar (Figura 28, pág. 139).

La Figura 29 (pág. 140), nos muestra el multicultor FAMAЕ-INIA acondicionado para controlar malezas en un cultivo de garbanzo en el secano costero de la VI región. Este tipo de suelo posee un bajo índice de friable, es decir, que el tiempo que este suelo permanece en una consistencia friable, es muy breve y dependiendo de la topografía es factible encontrar sectores con una consistencia de cementado y otro en consistencia plástica.

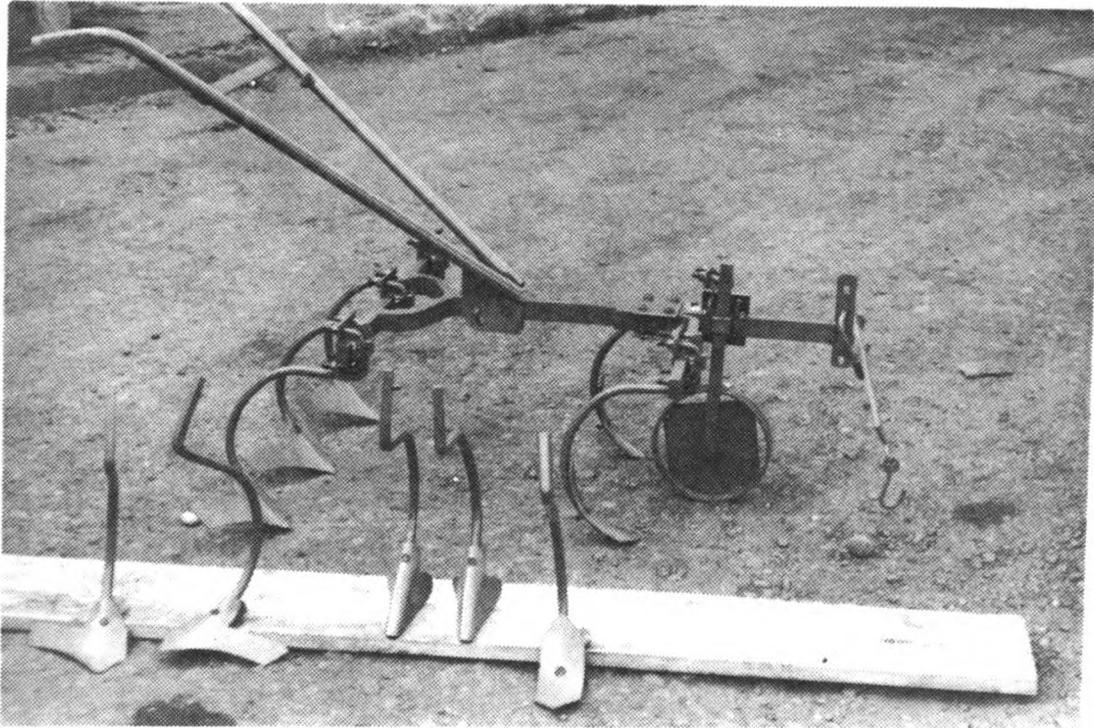


Figura 27. Multicultor FAMAIE-INIA con cultivadores.

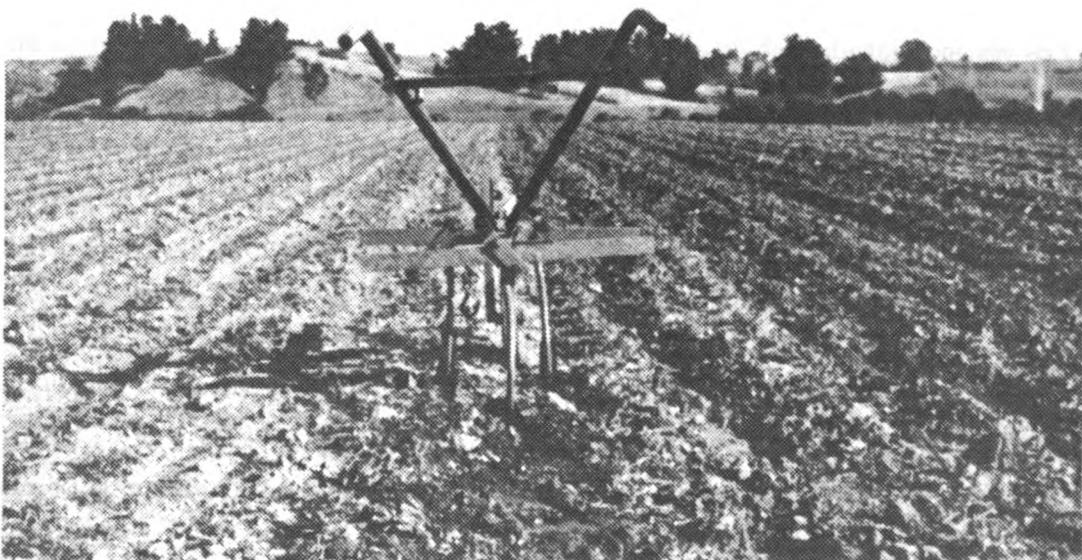


Figura 28. Multicultor FAMAIE-INIA con herramientas para cultivo de garbanzo VI Región.

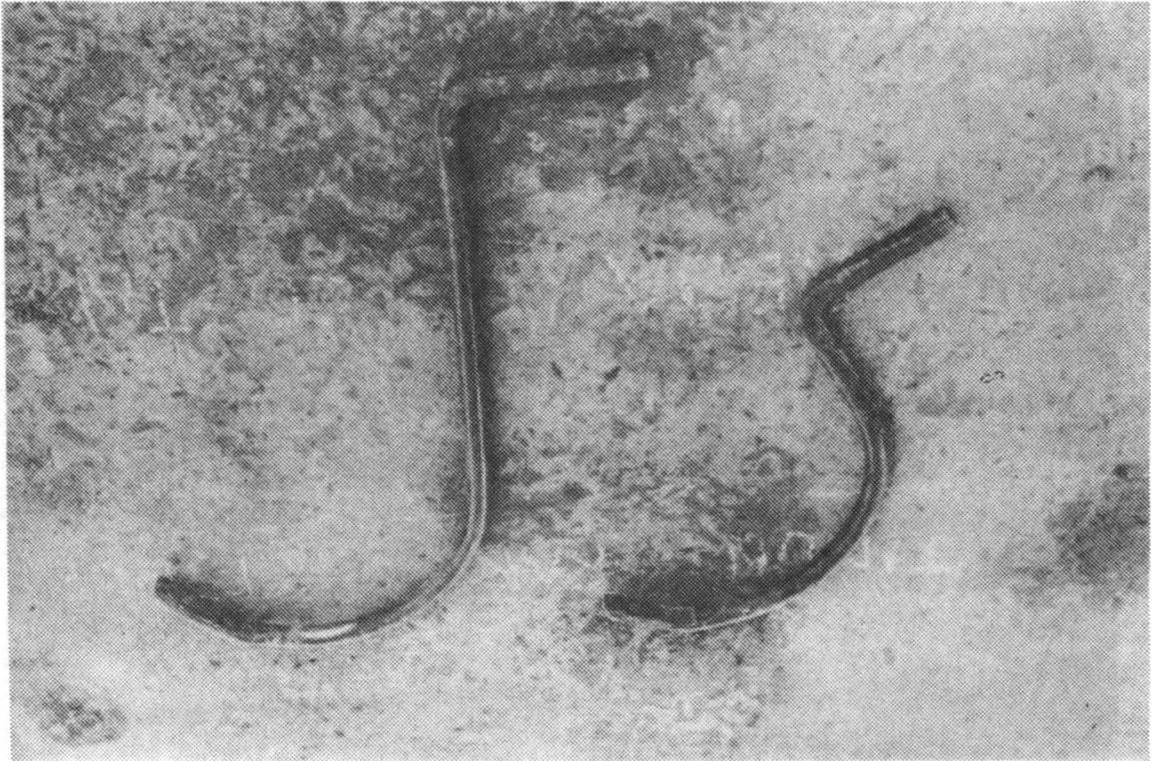


Figura 29. Vástagos portaherramienta multicultor FAMA-E-INIA.

Para armar un cultivador, se utilizan vástagos canadienses sobre el que se pueden instalar dos tipos de herramientas: Cinceles o escardillos, media punta izquierda y derecha, que protege las hileras del cultivo respectivo (Figura 30 y 31, pág. 141).

Los vástagos canadienses poseen dos orificios, lo que permite variar el ángulo de ataque de las herramientas (Figura 32, 33, pág. 142 y 34 pág. 143).

La Figura 35 (pág. 143) nos muestra los diferentes ángulos de ataque que se obtienen al ubicar la herramienta en el orificio respectivo.

Normalmente una herramienta debe poseer un ángulo de ataque de unos 15° para facilitar el corte y levantar el suelo, a medida que se incrementa el ángulo de ataque, aumenta la resistencia al esfuerzo del animal (Figura 36, pág. 143).

El otro ángulo importante es el de acercamiento, a medida que éste disminuye, el escardillo corta menos, pero facilita la penetración en suelos duros con mucha maleza (Figura 37, pág. 144).

Al distribuir las herramientas en el implemento, se debe considerar el traslape que debe existir entre éstas. Cuatro cm para raíces débiles y 7 a 10 cm para raíces más resistentes (Figura 38, pág. 144).



Figura 31. Ubicación de un escardillo en el orificio inferior del vástago.

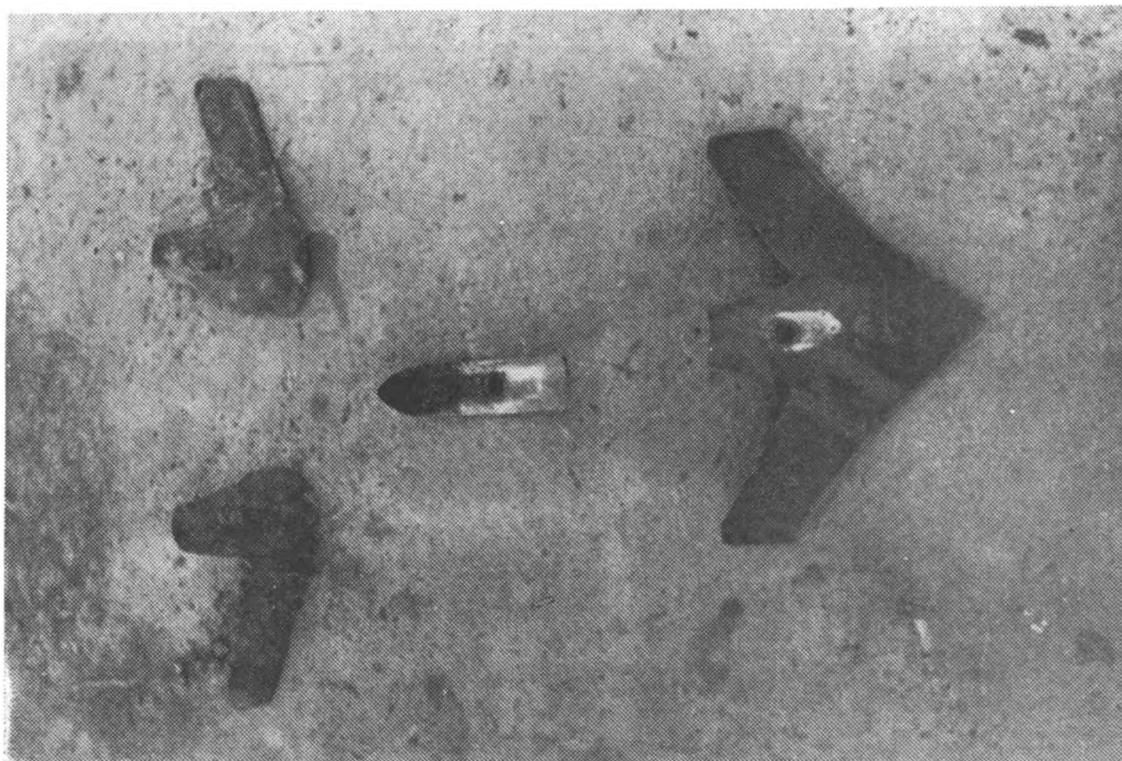


Figura 30. Herramientas de cultivo para el multicultor FAMAE-INIA.

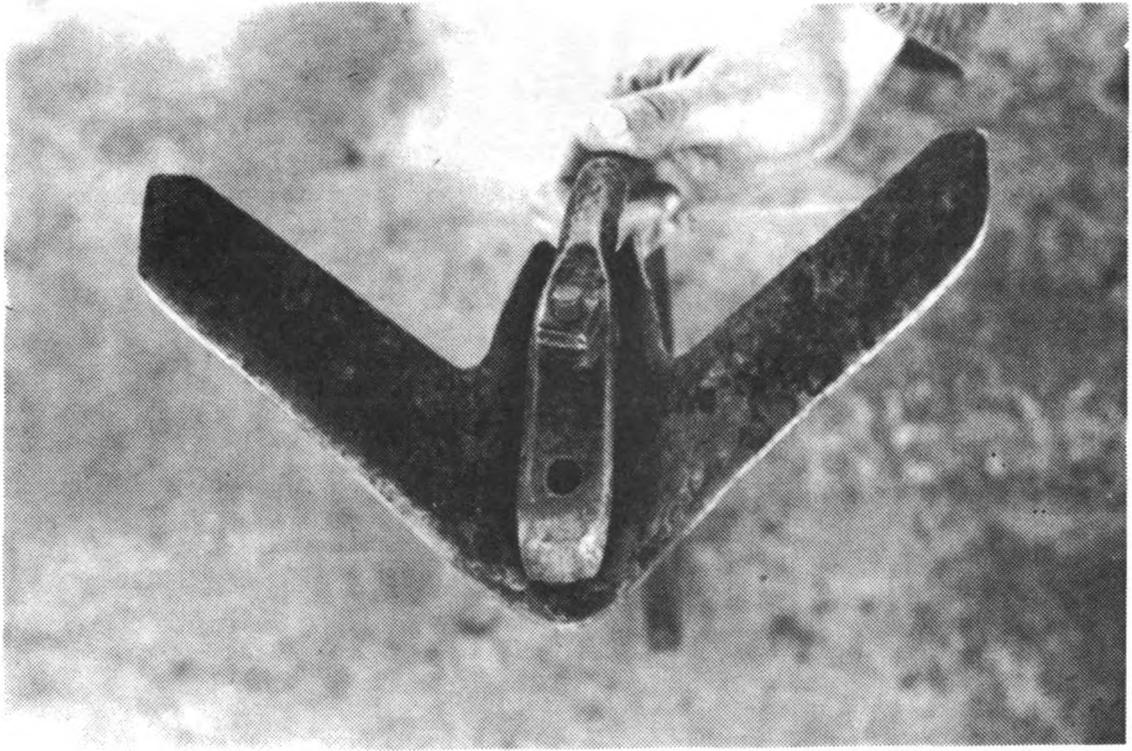


Figura 33. Ubicación del escardillo en el orificio superior del vástago.

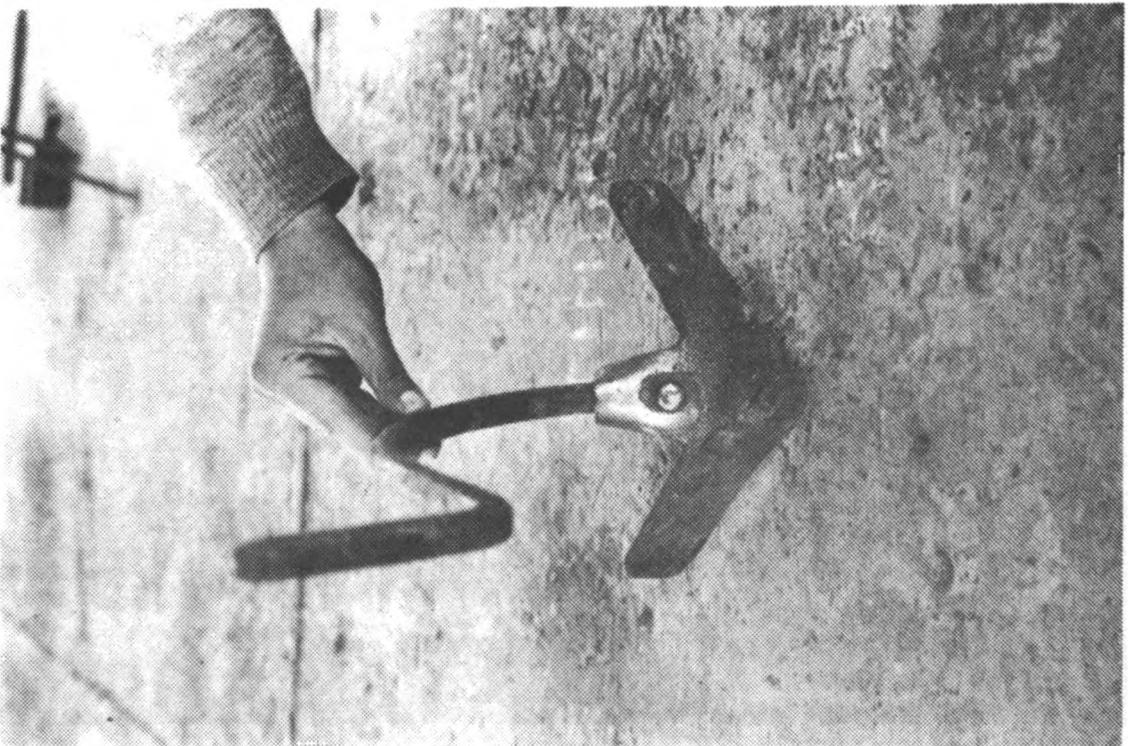
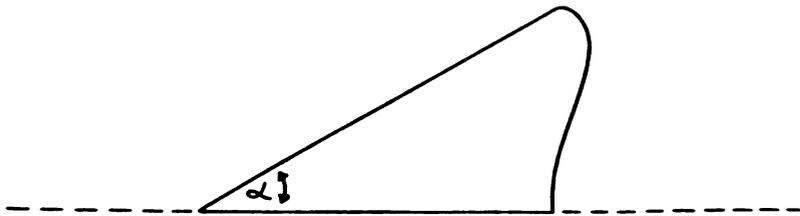


Figura 32. Posición del escardillo con respecto al vástago.



α = Angulo de ataque
 Orificio superior $\alpha = 18^\circ$
 Orificio inferior $\alpha = 12^\circ$

Figura 34
 Diseño de la punta del escardillo para cortar malezas superficiales y levantarlas a la superficie.

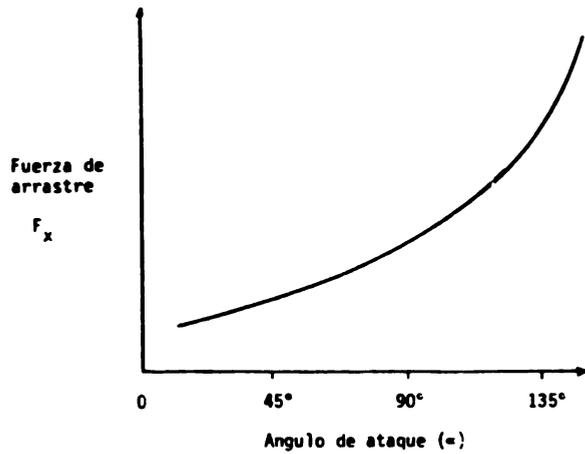


Figura 35
 Efecto del ángulo de ataque (α) sobre la fuerza de arrastre (F_x) de un diente.

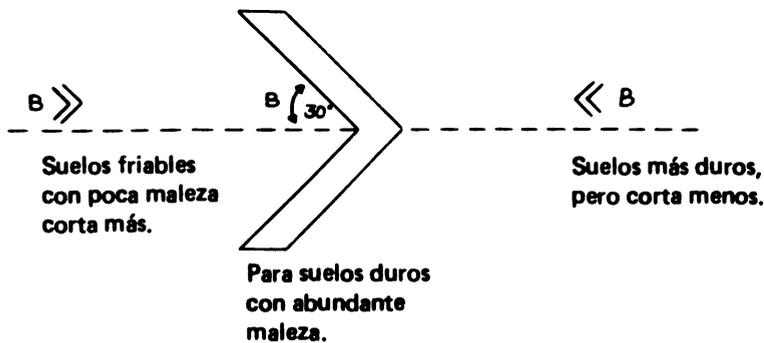
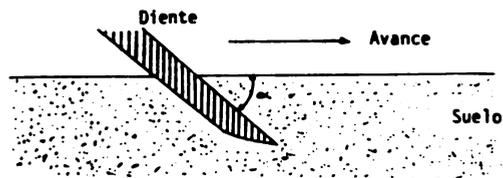


Figura 36
 Angulo de acercamiento.

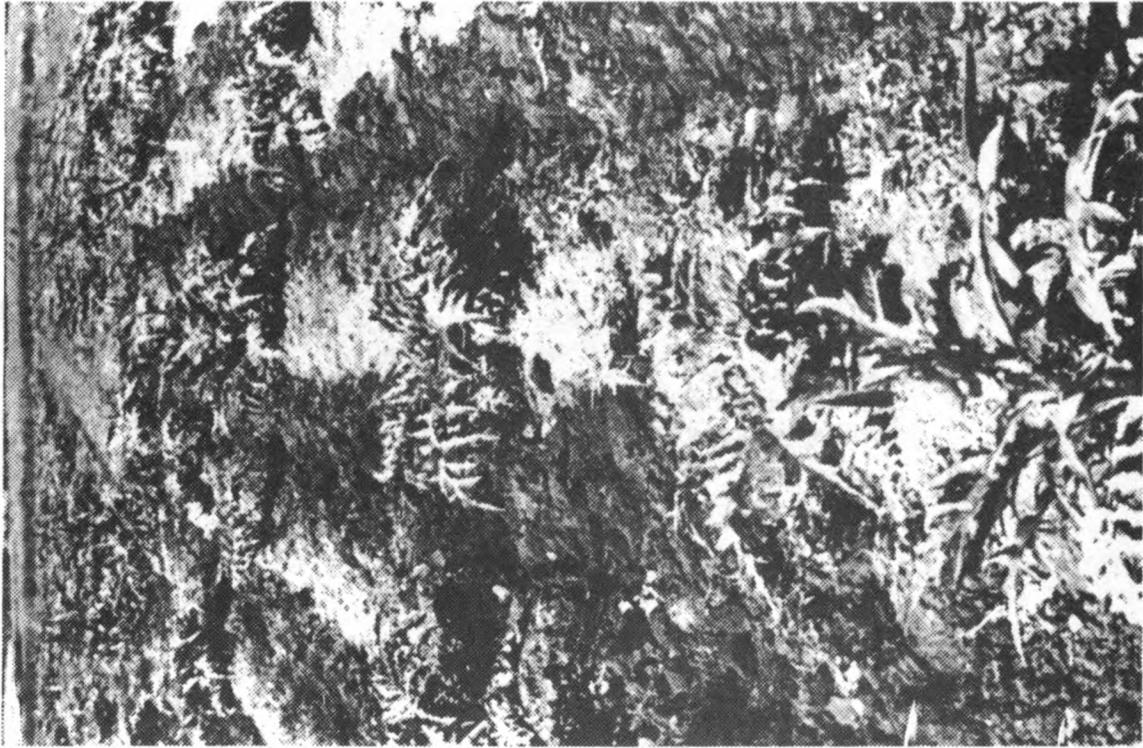


Figura 38. Cultivo en alcachofas con multicultor FAMA-E-INIA. Suelo con consistencia friable labor apropiada.

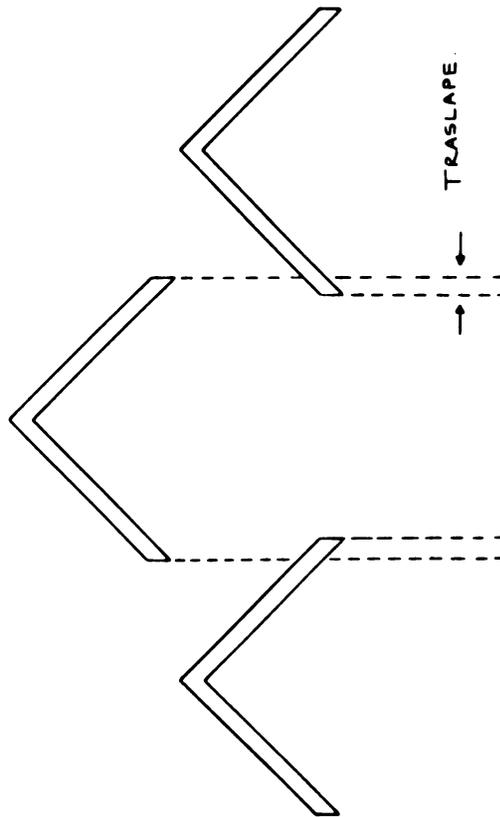


Figura 37. Distancia de traslape de los escardillos 4 cm. de traslape adecuado para malezas con raíces débiles. 7 a 10 cm. adecuado para raíces más resistentes.

En la Figura 39, apreciamos el resultado del trabajo de corte de suelo efectuado en una consistencia friable, no sólo el suelo queda mullido, sino que la resistencia al esfuerzo del animal es menor. La Figura 40 (pág. 146) nos muestra el resultado de un trabajo efectuado sobre un suelo con consistencia cementada, nótese la abundancia de terrones, lo que facilita el desarrollo de malezas y además, la resistencia a la labor es alta, agotando en forma más rápida al animal, también plantas que recién emergen pueden ser tapadas por el levantamiento de suelo.



Figura 39. El mismo trabajo en un suelo con consistencia cementada muestra la gran abundancia de terrones.

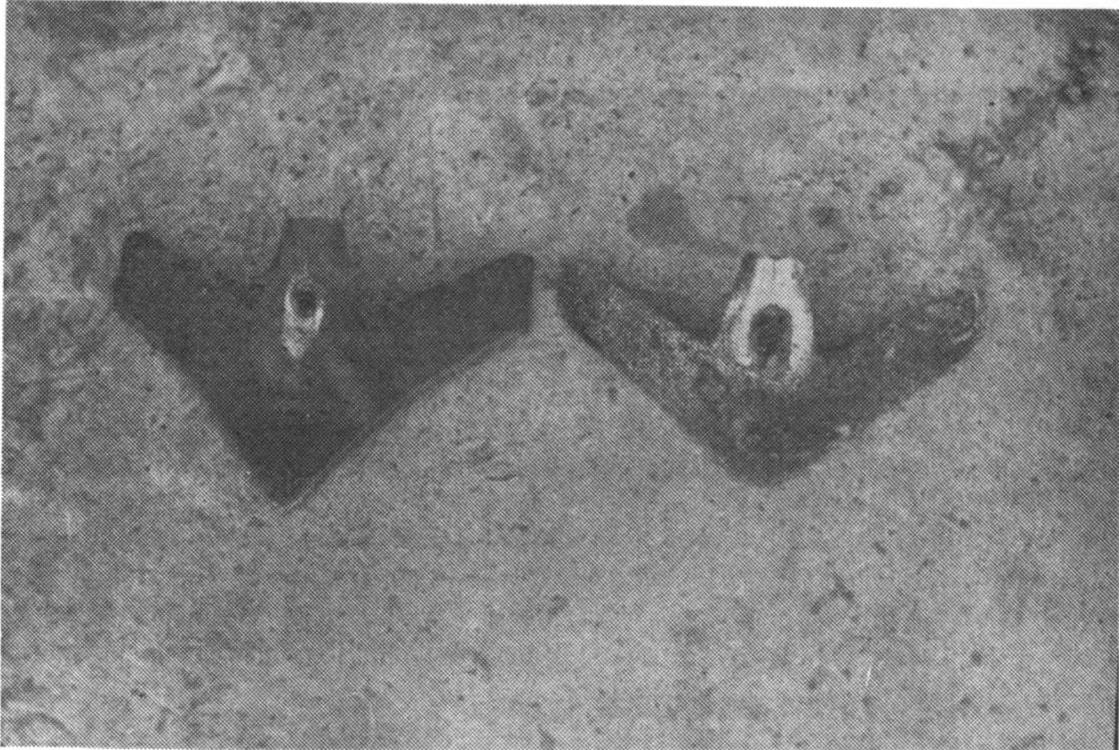


Figura 40. Efecto de la textura del suelo sobre el desgaste de la herramienta.

Otra característica importante del suelo que incide sobre la calidad del material de la herramienta es el desgaste. En las Figuras 41 y 42 (pág. 147) se compara un escardillo utilizado durante dos semanas de trabajo en un suelo granítico, con uno nuevo. Este efecto está relacionado con el grado de fricción del suelo, el cual aumenta a medida que el suelo está más compactado, para aminorar este efecto, conviene colocar en la parte frontal del cultivador vástagos con cinceles de modo que suelten el suelo, y disminuya así el desgaste del escardillo.

Entre las labores de corte de suelo, se cuenta la apertura de un surco para la siembra, si la cama de semilla está limpia de vegetación y terrones el uso de abridores convencionales no presenta mayores problemas. Para condiciones menos apropiadas de suelo, se han desarrollado abridores de surco que poseen herramientas tipo cincel, lo que permite su uso en caso de siembra directa sobre suelos barbechados o cero labranza en suelos sin una cubierta vegetal excesiva

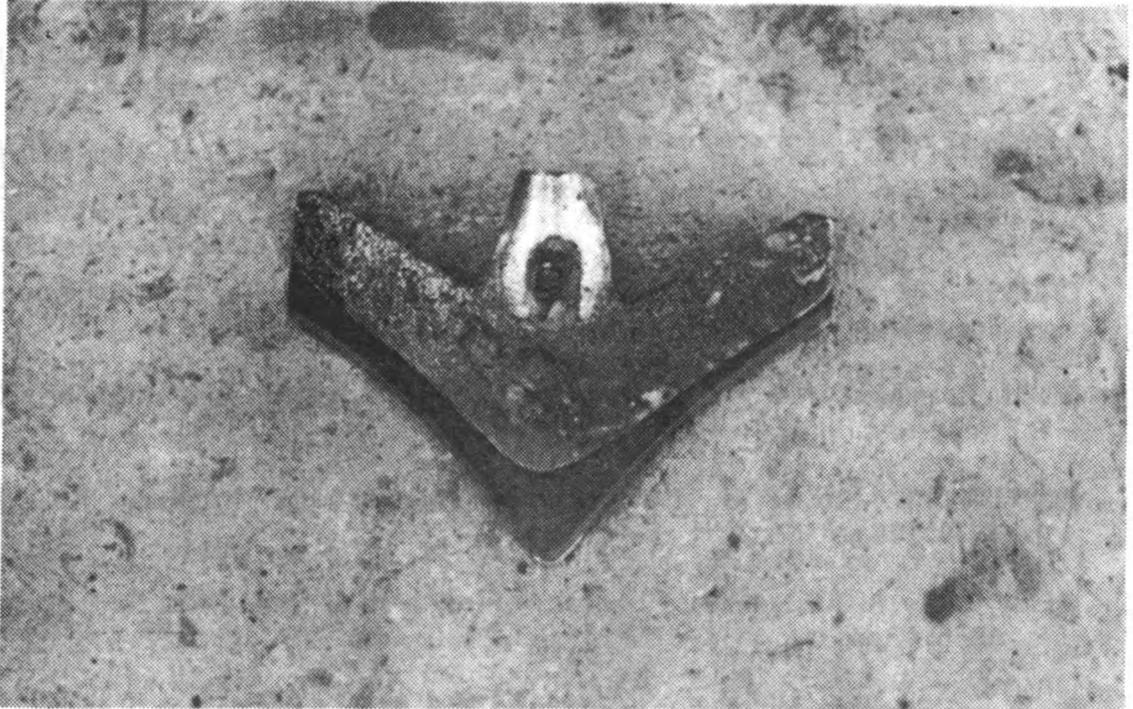


Figura 41. Superposición del escardillo usado sobre el nuevo. Notar el área del escardillo desgastado.

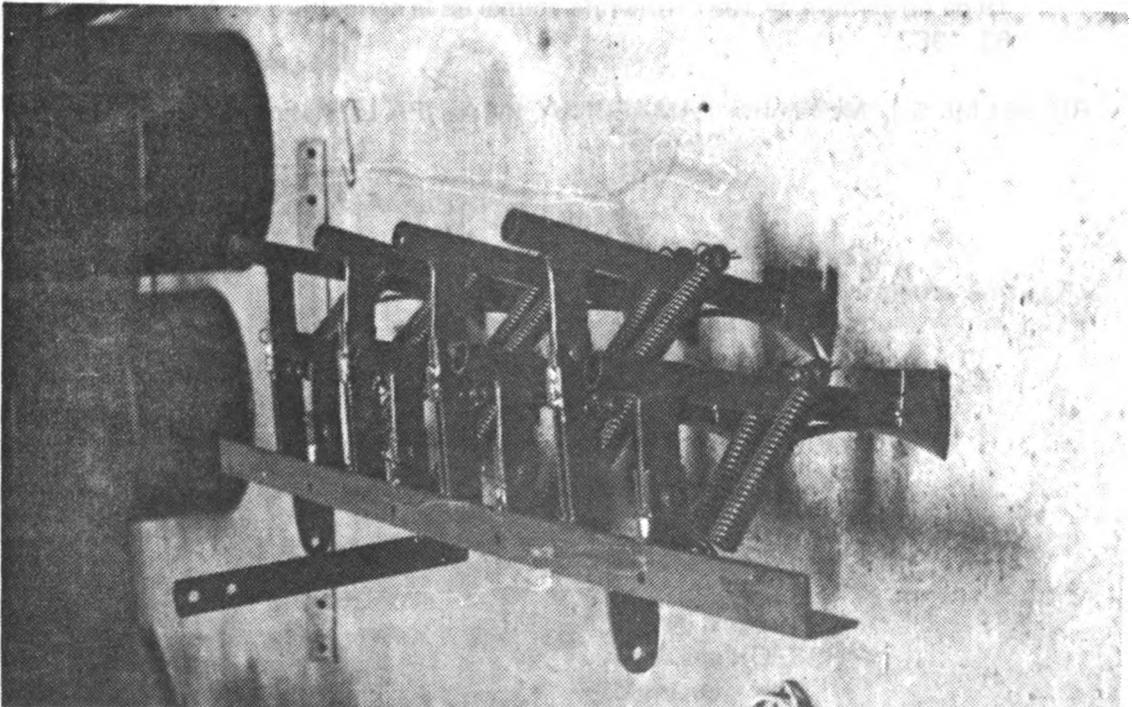


Figura 42. Diseño del sistema de abridores de surco de la sembradora ICAT-INIA. Para mínima labor y cero labranza.

Literatura consultada

1. ARCHER J.R. Soil consistency. Soil physical conditions and Crop Production London Her Majesty's stationery office, pág. 289-297, 1975.
2. ASHBURAER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. IICA, San José, Costa Rica. 474 p (Serie de Libros y materiales educativos No. 56). 1984.
3. CROSSLEY, P. and KILGOUR J. Small Farm Mechanization for Developing Countries. John Wiley and Sons. Great Britain, 1983, 253 pág.
4. GOE M.R. and McDOWELL R. E. Animal traction: Guidelines for utilization Cornell University, Ithaca, New York, 1980, 84 pág.
5. HOPFEW H.G. Aperos de labranza para las regiones áridas y tropicales. FAO, Roma, 1970, 194 pág.
6. MERY G.J. y RIQUELME S.J. Manual Multicultor ICAT-INIA. INIA. Santiago de Chile 1985, 42 pág.
7. —————. Multicultor ICAT-INIA. INIA. IPA La Platina No. 29 pág. 4-7, 1983.
8. PATHAK B.S. Selección y Empleo de equipo de tracción animal. FAO. Documentos técnicos presentados a la consulta de expertos de la FAO celebrada en Roma del 15 al 19 de noviembre de 1982. (Energía animal en la agricultura de Africa y Asia), pág. 70-83, 1982.
9. RIQUELME S.J. Multicultor FAMAE-INIA. INIA. IPA La Platina No. 34, 1986.

LISTA DE PARTICIPANTES

ARGENTINA

Marelli, Hugo
INTA - EEA Marcos Juárez
Casilla de Correo 21
2580 Marcos Juárez, Córdoba

BOLIVIA

Angulo G. Ruffo
CIAT
Casilla 247
Santa Cruz

Balderrama O., Jorge
IBTA
Proyecto Oleaginosas
Casilla 49
Yacuiba

BRASIL

Dall'Agnol, Amelio
EMBRAPA
SQS 303, Block F. Depto. 105
Brasilia, DF

Kochhann A., Rainoldo
EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo
Caixa Postal 569
Passo Fundo, RS

CHILE

Crovetto L., Carlos
SOCOSCHI
Maipú 1201
Concepción

Del Canto S., Pedro
INIA - EE Quilamapu
Casilla 426
Chillán

Hetz H. Edmundo
Universidad de Concepción
Departamento de Ingeniería Agrícola
Casilla 537
Chillán

Ibáñez, Mario
Universidad de Concepción
Escuela de Agronomía
Casilla 537
Chillán

Letelier A., Elías
INIA - EE La Platina
Casilla 439/3
Santiago

Novoa S-A., Rafael
INIA - EE La Platina
Casilla 439/3
Santiago

Opazo A., José
Universidad de Chile
Casilla 1004
Santiago

Parrague B., Roberto
Sociedad Agrícola Forestal Poco a Poco
Ñuble 135
Santiago

Riquelme S., Jorge
INIA - EE Quilamapu
Casilla 426
Chillán

Rojas, Gustavo
Química HOESCHT
Santiago

Schenkel, Gotardo
Universidad de Concepción
Escuela de Agronomía
Casilla 537
Chillán

Undurraga D., Pablo
Universidad de Concepción
Casilla 537
Chillán

Vital, Valdivia
INIA - EE La Platina
Casilla 439/3
Santiago

PARAGUAY

Guillen M. Oscar
DIEAF - IAN
Ruta II Mariscal Estigarribia, km 48,5
Caacupé

URUGUAY

Gastal, Edmundo
IICA/BID/PROCISUR
Casilla 1217
Montevideo

Martino L., Daniel
CIAAB - EEA La Estanzuela
Casilla de Correo 86
Colonia

**Esta publicación constituye el número XXIV
de la Serie Diálogo del PROCISUR, tiene un tiraje
de 600 ejemplares y se terminó
de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay,
en el mes de setiembre de 1988.**

**Editor: Dr. Juan P. Puignau
Levantamiento y composición de textos: Cristina D'fáz
Impresión, encuadernación y portadas: Impresora Maker, S.R.L.**

Comisión del Papel. Edición amparada al Artículo de la Ley 13.349

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL CONO SUR - PROCISUR

Este Programa consiste en el esfuerzo conjunto de los Gobiernos de los Países del Cono Sur, en el sentido de dar continuidad al trabajo iniciado por el Programa IICA - Cono Sur/ BID y consolidar un sistema permanente de coordinación y soporte científico del apoyo recíproco, del intercambio de conocimientos y de acciones conjuntas y cooperativas.

La cooperación interinstitucional busca principalmente, consolidar acciones de tipo cooperativo entre los Países en la investigación de Maíz, Trigo, Soja y Bovinos para Carne y, al mismo tiempo, a través del intercambio y apoyo recíproco, estimular acciones para un mejor conocimiento de la situación e inicio de trabajos cooperativos en algunos otros productos. Para esto las actividades en Cooperación Recíproca, Asesoramiento Internacional y Adiestramiento se distribuyen en: Cereales de Verano, Cereales de Invierno, Oleaginosas y Bovinos. Los instrumentos principales de apoyo son: Sistemas de Producción, Información y Documentación, Transferencia de Tecnología y Capacitación, Comunicación y Administración.

El Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur - PROCISUR, es financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y por los propios Países participantes. La administración ha sido encargada al IICA y la ejecución, a nivel de los Países, a las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ARGENTINA; Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), BOLIVIA; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), BRASIL; Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) CHILE; Dirección de Investigación y Extensión Agropecuaria y Forestal (DIEAF), PARAGUAY; Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB), URUGUAY.

