



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

InnovaChile
CORFO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



Manejo de Suelos para el Establecimiento de Huertos Frutales



ISSN 0717 - 4829

Editores:
Jorge Carrasco Jiménez
Jorge Riquelme Sanhueza

BOLETÍN INIA - N° 207



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

InnovaChile
CORFO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



Manejo de Suelos para el Establecimiento de Huertos Frutales



Editores:

Jorge Carrasco Jiménez
Jorge Riquelme Sanhueza

Rengo, Chile,
2010

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA - Nº 207

Editores:

Jorge Carrasco Jiménez

*Dr. Ingeniero Agrónomo.
Investigador INIA-Rayentué.*

Jorge Riquelme Sanhueza

*Dr. Ingeniero Agrónomo.
Investigador INIA-Raihuén.*

Director Responsable:

Nilo Covacevich Concha

*Ingeniero Agrónomo Ph. D.
Director Regional INIA-Rayentué.*

Cita bibliográfica correcta:

Carrasco J., Jorge y Jorge Riquelme Sanhueza (eds.). 2010.
Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales.
128p. Boletín INIA N° 207. Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, CRI Rayentué, Rengo, Chile.

© 2010, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA,
Centro Regional de Investigación Rayentué.
Avenida Salamanca s/n, km 105, Ruta 5 Sur, Los Choapinos,
Rengo. Región de O'Higgins. Teléfono (56-72) 740830,
Fax (56-72) 740834, Casilla postal 13, Rengo.

ISSN 0717-4829

Autorizada la reproducción total o parcial citando
la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 300

Rengo, Chile, 2010.

PRÓLOGO

El presente Boletín Técnico, tiene por objetivo la proposición de elementos prácticos a los productores de frutales, y profesionales del agro, en materias de manejo de suelos y maquinaria agrícola para el establecimiento de huertos frutales.

El lector no encontrará soluciones únicas que resuelvan sus problemas de manejo del suelo, mas bien, hallará fundamentos prácticos sobre el uso de equipos de labranza, con las ventajas y limitaciones de cada uno de ellos frente a distintas condiciones de suelo, todas estas debidamente analizadas en el cuerpo de este boletín. Por otro lado, los estudiantes, tanto de nivel técnico como profesional, podrán tomar conocimiento y a su vez profundizar, sobre los temas de labranza y manejo del suelo, como también de algunas propiedades generales de suelos y su caracterización, de que trata este documento.

Los distintos temas presentados, están ordenado por capítulos de acuerdo a una secuencia lógica, presentados para su lectura de la siguiente forma: Capítulo 1. *Equipos de labranza para el manejo de suelos*, Capítulo 2. *El suelo y su relación con el manejo*, Capítulo 3. *Caracterización del suelo para el establecimiento de un huerto frutal*, Capítulo 4. *Manejo de suelos para el establecimiento de un huerto frutal*, y Capítulo 5. *Manejo de enmiendas orgánicas para el establecimiento de huertos frutales*.

Agradecemos al Director Regional de INIA-Rayentué, Sr. Nilo Covacevich Concha, y al Ingeniero Agrónomo Sr. José Donoso Contreras, por las valiosas sugerencias que nos indicaron para este boletín. Así también a Edison Carrasco Jiménez, escritor y abogado de profesión; y a Alejandra Catalán Farfán, comunicadora de INIA-Rayentué, por la revisión de textos y las valiosas mejoras del documento que nos propusieron.

Agradecemos a la Biblioteca de INIA-La Platina por las facilidades otorgadas en la revisión bibliográfica del presente Boletín, como a Carolina Jorquera Mella, Encargada de Soporte Computacional de INIA-Rayentué, por el apoyo en la búsqueda de información y revisión de textos.

Se agradece especialmente a Innova CORFO de la Región de O'Higgins, por el cofinanciamiento, con aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) y las facilidades otorgadas en la edición de este documento, sin los cuales no podría haber tenido éste concreción, cuestión que se materializó a través del proyecto "Fortalecimiento de la difusión y transferencia tecnológica en pre-cosecha de frutales de carozo, para la Región de O'Higgins".

LOS EDITORES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1.

Equipos de Labranza para el Manejo de Suelos	11
1. Labranza	11
2. Labores y Equipos para la Preparación de Suelos	18
3. Bibliografía	45
<i>(Jorge Carrasco J., Jorge Riquelme S., y Francisco Valenzuela A.)</i>	

Capítulo 2.

El Suelo y su Relación con el Manejo	47
1. Introducción	47
2. Degradación del Suelo	49
3. Algunas Propiedades del Suelo de Importancia para la Agricultura	53
4. Consideraciones. El Suelo y Uso de Arados,	66
5. Bibliografía	67
<i>(Jorge Carrasco J., Jorge García-Huidobro P. de A. y Francisco Valenzuela A.)</i>	

Capítulo 3.

Caracterización de un Suelo para el Establecimiento de un Huerto Frutal	71
1. Introducción	71
2. Criterios a Considerar en la Observación del Suelo a Través de una Calicata	73
3. Bibliografía	79
<i>(Jorge Carrasco J., Alejandro Antúnez B. y Gamalier Lemus S.)</i>	

Capítulo 4.

Preparación y Manejo de Suelos para el Establecimiento de un Huerto Frutal	81
1. Introducción	81
2. Criterios a Considerar para la Preparación de Suelos de Huertos Frutales o Patronales	82
3. Secuencia de Trabajo en la Preparación de Suelos Destinado a Replante de Huertos o Patronales	88
4. Recomendaciones Generales	106
5. Bibliografía	108
<i>(Jorge Carrasco J., Juan F. Pastén D. y Jorge Riquelme S.)</i>	

Capítulo 5.

Manejo de Enmiendas Orgánicas para el Establecimiento de Huertos Frutales	109
Bibliografía	125
<i>(Juan Hirzel C.)</i>	

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1.

- Figura 1.** Nivelación transversal de un arado cincel integral. _____ 32
Figura 2. Nivelación longitudinal de un arado cincel integral. _____ 33
Figura 3. Arado subsolador tradicional, compuesto de un brazo de rotura montado en el “chasis” del equipo. _____ 35

Capítulo 2.

- Figura 1.** Comparación de la capacidad de infiltración de agua de un suelo arenoso con uno arcilloso. _____ 57
Figura 2. Triángulo textural según clasificación del USDA (SSS, Soil Taxonomy, 1975). _____ 58
Figura 3. Compactación de suelo por acción de las ruedas del tractor. __ 63

Capítulo 4.

- Figura 1.** Contrucción de un tunel o canal interno por un arado subsolador y balón torpedo. (Figura tomada de Lorca y Carrasco, (1991). _____ 92

Capítulo 5.

- Figura 1.** Ciclo del nitrógeno proveniente desde la cama broiler una vez que es aplicado al suelo (Sims y Wolf , 1994). _____ 116
Figura 2. Evolución del pH de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. ____ 116
Figura 3. Evolución de la CE de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. ____ 117
Figura 4. Evolución de la concentración de N disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. _____ 118
Figura 5. Evolución de la concentración de N amoniacal de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. _____ 119
Figura 6. Evolución de la concentración de N nítrico de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. _____ 120

- Figura 7.** Evolución de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. _____ 121
- Figura 8.** Evolución de la concentración de K disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. _____ 121
- Figura 9.** Incremento de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. Letras distintas indican diferencia estadística entre medias según el test DMS ($p < 0,05$). _____ 122

ÍNDICE DE FOTOS

CAPÍTULO 1.

- Foto 1.** Ruedas del tractor, en una labor de aradura con vertedera, ubicadas en el surco de aradura compactando el suelo. _____ 16
- Foto 2.** Forma práctica de establecer el contenido de humedad “friable”, adecuada para labores de aradura con vertedera y discos, y de rastraje. _____ 18
- Foto 3.** Arado de vertedoras reversible, implemento de uso masivo en el mundo. _____ 21
- Foto 4.** Arado de discos, equipo actualmente poco difundido en la zona central de Chile ante la aparición del arado de vertedoras reversible. _____ 25
- Foto 5.** Arado cincel, considerado un implemento conservacionista de suelos. _____ 29
- Foto 6.** Arado cincel de enganche integral. _____ 31
- Foto 7.** Tractor y arado subsolador de un brazo, en una labor de rotura del suelo para replante de frutales. _____ 34
- Foto 8.** Forma práctica para evaluar en terreno la profundidad de trabajo del subsolador, utilizando una varilla graduada. _____ 37
- Foto 9.** Arado rotativo en labor de preparación de suelos para la incorporación de un fumigante, previo al replante de un frutal. _____ 39
- Foto 10.** Rastra de discos de tipo “off-set”, equipo usado ampliamente para el manejo de suelos en frutales. _____ 43
- Foto 11.** Rastra vibrocultivador, equipo constituido por un “chasis” que soporta brazos flexibles en forma de “S”, ideales para el control de malezas perennes. _____ 44

CAPÍTULO 2.

- Foto 1.** Fases que constituyen el suelo, en este caso representadas en un agregado o “ terrón”, el cual está formado por sólidos, agua, y aire. _____ 48
- Foto 2.** Quema de rastrojos de trigo, práctica que reduce materia orgánica y nutrientes del suelo, facilitando con ello su degradación. ____ 51
- Foto 3.** Pared de una calicata que muestra pie de arado o compactación subsuperficial a partir de los 20 a 25 cm de profundidad. _____ 62
- Foto 4.** Suelo compactado entre las hileras de una plantación de ciruelo japonés. Se observa agua acumulada sin infiltrar en el suelo. Sector Agua Buena. San Fernando, Región de O’Higgins. _____ 65

CAPÍTULO 3.

- Foto 1.** La observación del perfil de suelo en una calicata, permite establecer la presencia de algún impedimento físico y definir el tipo de labores de manejo del suelo. _____ 72
- Foto 2.** Forma característica de un terrón muestreado en un horizonte compactado. Obsérvese la amplitud del eje horizontal, con relación al eje vertical. _____ 75
- Foto 3.** Calicata que muestra problemas de drenaje en el subsuelo. Obsérvese el espejo de agua que indica acumulación de esta. Santa Inés, La Laguna, San Vicente de Tagua-Tagua. Región de O’Higgins. _____ 77
- Foto 4.** Forma práctica de determinar en forma aproximada la textura de un suelo en terreno, desagregando una muestra de suelo húmedo en la palma de la mano. _____ 78

CAPÍTULO 4.

- Foto 1.** La observación del perfil de suelo en una calicata, permite establecer la presencia de algún impedimento físico y definir el tipo de labores de suelo. Hidango, Litueche. _____ 83
- Foto 2.** Afloramientos de piedras en la superficie de un terreno, después de una labor de subsolado. _____ 85
- Foto 3.** Terreno cubierto con una pradera, previo a la plantación de un huerto frutal. _____ 86
- Foto 4.** Tractor sobre orugas o “Bulldozer” con subsolador, apropiado para labores profundas en suelos secos o con bajo contenido de humedad. Fundo El Coigüe, Requínoa. _____ 87
- Foto 5.** Labor de destronque de un huerto, necesario para labor de replante. _____ 89
- Foto 6.** Labor de arranque de la base del tronco y raíces de la planta frutal con una retroexcavadora. _____ 90

Foto 7.	Arado subsolador y balín topo o torpedo, adecuado para construir túneles de drenaje. _____	91
Foto 8.	Bota o pie de un arado subsolador con punta o cincel intercambiable. _____	93
Foto 9.	Arado de vertedera reversible en su labor de inversión de suelos. _____	95
Foto 10.	Labor de nivelación de un terreno con una “trailla”, equipo que permite una máxima efectividad en la labor. _____	101
Foto 11.	Movimiento superficial de suelo con una microniveladora, emparejándolo para el riego. _____	101
Foto 12.	Labor de rastraje con Rastra “off-set” y tablón de madera, para favorecer la micronivelación del terreno y proteger la humedad del suelo. _____	102
Foto 13.	Acamellonado del suelo, para favorecer el desarrollo radical de una plantación de cerezos. Vivero Rancagua. Región de O’Higgins _____	103
Foto 14.	Diámetro y profundidad adecuada para la plantación de un frutal de carozo. _____	104
Foto 15.	Secuencia de ahoyado para plantación, con la primera hilera de plantación terminada. INIA-Rayentué, Choapinos, Rengo. _____	105

CAPÍTULO 5.

Foto 1.	Extracción de materia orgánica de cama de broiler, desde un criadero de aves de la Región de O’Higgins. _____	112
Foto 2.	Aplicación de enmiendas orgánicas a un terreno antes de una plantación frutal. _____	114

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo 5.

Cuadro 1.	Contenidos de humedad y de materia orgánica en diferentes enmiendas orgánicas disponibles en el mercado. _____	113
Cuadro 2.	Composición nutricional de diversas enmiendas orgánicas comercializadas en Chile. _____	115
Cuadro 3.	Tasas de mineralización de N orgánico en diferentes enmiendas orgánicas durante la misma temporada de aplicación. _____	123
Cuadro 4.	Dosis referenciales de enmiendas orgánicas de acuerdo a las necesidades de N según nivel de producción para diferentes especies frutales. _____	125

EQUIPOS DE LABRANZA PARA EL MANEJO DE SUELOS

Jorge Riquelme S. ⁽¹⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo,

Jorge Carrasco J. ⁽²⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo,

Francisco Valenzuela A. ⁽²⁾

Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.

⁽¹⁾ INIA- Raihuén

⁽²⁾ INIA- Rayentué

El propósito de este capítulo, es exponer de un modo práctico un conjunto de información centrada en el conocimiento del uso de equipos de labranza utilizados en la agricultura chilena, los cuales son los más utilizados en la producción frutícola de este país, para el manejo del suelo en huertos frutales. Se entrega particularmente, una descripción de uso de los equipos de aradura, arado de vertedera, arado de disco, arado cincel, arado subsolador, y arado rotativo; y equipos para el rastraje del suelo, como rastra de discos, y rastra vibrocultivador. Apoyados por la experiencia de los autores, se hace un análisis de cada uno de los equipos indicados, con sus ventajas y desventajas de uso, frente a distintas condiciones de suelo y de trabajo, y las formas de regulación, para un uso más eficiente en el campo.

En una primera parte, se definen algunos conceptos de importancia relacionados con el uso de los equipos en el campo, como labranza, y labores de preparación de suelos.

1. LABRANZA

La labranza consiste comúnmente en la inversión y mullimiento de la capa superficial del suelo (15 -30 cm) a través de araduras y rastros que, cuando se operan con una humedad adecuada, resultan en una disgregación y mullimiento del suelo mejorando las propiedades me-

cánicas para su posterior intervención (Acevedo y Silva, 2003). La labranza es una práctica que facilita labores agrícolas, entre las que destacan control de malezas, formación de cama de semillas que lleven a una buena germinación y establecimiento del cultivo, incorporación de fertilizantes y pesticidas al suelo, incorporación de materia orgánica y residuos del cultivo anterior (Acevedo y Silva, 2003).

1.1. Labranza convencional

Al hablar de labranza convencional, se piensa inmediatamente en la labranza tradicional y en su remoción con maquinaria o herramientas, como arados y rastras, en la cual se modifica principalmente la estructura del suelo. Este sistema no considera criterios de conservación, favoreciendo consistentemente con ello, la degradación, erosión, y compactación de los suelos (Faiguenbaum, 2003).

El arado, particularmente el de vertedera, ha sido durante muchos años la herramienta básica en la labranza convencional, y tiene como principal cualidad la de invertir el suelo, y cubrir los rastros de cultivos anteriores y malezas.

El arado ha estado ligado de manera inseparable a la preparación de la cama de siembra y al control de las malezas desde el principio de la historia de la agricultura. Sin embargo, desde el siglo pasado, el uso del arado, tanto el de discos como el de vertedera, han sido cuestionados por investigadores, técnicos y agricultores conservacionistas de suelo, por su incidencia en los procesos que favorecen la degradación y erosión del suelo (Phillips y Young, 1979).

Los productores que utilizan la labranza convencional incurren en altos costos, afectando sus rentabilidades, porque a través del tiempo y en la medida que disminuyen los niveles de materia orgánica, se deteriora la estructura, y se incrementa la compactación de suelos, tanto la dureza y el grosor del pie de arado. Así, se produce una degradación general del suelo, lo cual repercutirá gradual y significativamente en el rendimiento de los cultivos (Faiguenbaum, 2003).

De acuerdo a lo señalado anteriormente, el uso inadecuado de un arado, ya sea de vertedera y de discos, puede causar incalculables daños al suelo y no conseguir condiciones favorables para el desarrollo del cultivo. Esto hace necesario conocer los objetivos y problemas derivados de la preparación de suelos y los equipos involucrados en la labranza, de manera de hacer más eficiente las labores y afectar lo menos posible el suelo.

La labranza, ya sea la convencional como la conservacionista (labranza mínima), cumplen los siguientes objetivos:

1. Preparar una adecuada cama de siembra. Se trata de remover y romper los horizontes endurecidos del suelo en los primeros 35 cm, de profundidad, tratando de mejorar sus condiciones físicas, para obtener una mejor circulación del aire y agua, facilitando la emergencia y el desarrollo radical de los cultivos. A la vez, permite alcanzar una mejora en las oscilaciones térmicas en el suelo, tanto diarias como estacionales, por lo que el calentamiento diurno, como el enfriamiento nocturno son menores (Urbano, 1992).
2. Mullir el perfil superior del suelo. Los diferentes cultivos requieren de un adecuado mullimiento y profundidad de la cama de siembra, para su establecimiento y emergencia, cuya exigencia depende directamente del tamaño de la semilla a establecerse.
3. Controlar malezas. El control de las malezas es uno de los objetivos fundamentales de la labranza del suelo debido a la competencia que ejercen con el cultivo por agua, nutrientes y espacio (Ibáñez, 1985). Además del efecto alelopático que ejercen sobre los cultivos.
4. Manejar e incorporar los residuos superficiales de vegetales, rastrojos, fertilizantes, enmiendas orgánicas y calcáreas. La incorporación de rastrojos, enmiendas orgánicas, y fertilizantes, mejora el nivel de fertilidad del suelo, facilita las labores de siembra, y aumenta la capacidad de retención de agua.

5. Contribuir al control de plagas y enfermedades en las plantas. El tipo y oportunidad de las labores de labranza permiten, indirectamente, mantener un cierto control de los organismos que constituyen plagas y enfermedades, rompiendo su ciclo de desarrollo, evitando así afectar la rentabilidad de los cultivos.

Cada uno de estos objetivos de la labranza, es necesario para el establecimiento de un cultivo. Sin embargo, la labranza convencional por la inversión de suelos, tiene un gran impacto sobre su degradación, y puede originar procesos erosivos y compactación del mismo. En el caso de la labranza mínima, donde se utilizan arados de tipo cincel y subsoladores -por la forma actuar sobre el suelo, sin invertirlo y removerlo verticalmente, produciendo "resquebrajamiento" o "entallamiento de él-, no provoca compactación del mismo, y por el contrario la rompe en caso de existir.

En Chile habitualmente se abusa de la labranza convencional, realizándose muchas veces cinco, seis y más labores para preparar el suelo (Faiguenbaum, 2003). Si se hace un análisis global de como se preparan los suelos para los cultivos en Chile, se puede establecer que en la generalidad de los casos se efectúa un excesivo número de labores, lo que representa, además de los problemas de compactación y erosión del suelo, un mayor costo de producción del cultivo.

Desde un punto de vista agrícola, un suelo está compactado cuando se rompe el equilibrio entre las unidades estructurales, estabilidad de las mismas y porosidad, lo que origina una condición de densidad aparente mayor, lo que implica un volumen total de poros, en relación al volumen total del suelo, no adecuado para asegurar el buen desarrollo del cultivo (Carrasco *et al.*, 2008 a).

Sin embargo, existen autores que consideran aspectos positivos de la labranza convencional, y sostiene que alguno de los fracasos se debería a las distintas condiciones de suelo y clima de aquellas en las que fueron desarrolladas, además de aspectos de mala regulación de los equipos, no debiendo interpretarse como motivo de descalificación.

La preparación de suelos con arado de vertedera o de discos, inicialmente consigue una condición de porosidad artificial aparentemente buena del suelo, la cual desaparece rápidamente por el reacondicionamiento y reagrupación de las partículas a causa de la lluvia, el riego y el tráfico de la maquinaria.

Un trabajo realizado por INIA Rayentué¹, en un terreno de textura franco arcillo arenosa, para replante de frutales de la comuna de Requínoa, en la Región de O'Higgins, demostró que la macroporosidad de un suelo, anteriormente plantado con duraznero, un mes después de realizada la labor, se reduce de un 5,8 % a un 2,1 % en los primeros 20 cm de profundidad, después de haber sido trabajado, previo a un replante, con un arado de vertedera y rastra de discos.

La búsqueda de la aireación del suelo, debería definir el grado de mullimiento de la preparación del mismo. Si aumentamos el volumen de poros con la aradura, se mejoran las condiciones de movimiento de aire en el suelo, originando un descenso en el contenido de anhídrido carbónico. Esto último se consigue con la labranza vertical, que incluye el uso del arado cincel y arado subsolador.

La importancia de la labranza o sistema de preparación de suelos, está dada por una serie factores, que incluye la maquinaria disponible, tipo de suelo, humedad, tipo y estado de desarrollo de malezas, cultivo a establecer, entre otros. Uno de los objetivos de la labranza es mullir el perfil del suelo, y en esa labor se debe considerar la preparación de una cama de siembra, para el adecuado establecimiento de los cultivos.

1.2. Efecto de la labranza en las propiedades físicas del suelo

1.2.1. La compactación de suelos

Anteriormente, se ha señalado que la labranza produce cambios en las propiedades físicas del suelo. Si las labores se realizan con un grado de

¹ Trabajo realizado por los profesionales del Centro de Frutales de Carozo (en proceso de publicación).

humedad de suelo y equipos inadecuados, los cambios pueden ser negativos para el suelo o para el cultivo. Entre los cambios negativos que pueden aparecer en el suelo, está la compactación, producto del paso sistemático del tractor y los equipos de laboreo, los cuales producen la formación de un “pie de arado” a una cierta profundidad en el perfil del suelo, que impide el desarrollo de las raíces en profundidad.

Una de las principales causas del pie de arado de los suelos, es la rueda de los tractores agrícolas, que ejerce altas presiones (concentradas superficialmente) sobre el suelo y que se transmiten a través del perfil en profundidad, causando la compactación en el subsuelo (Carrasco *et al.*, 2008 b). Con frecuencia se forman sellos de capas endurecidas a escasa profundidad, que constituyen barreras físicas para el intercambio gaseoso y la penetración del agua, las raíces o la emergencia de las plántulas (Montenegro y Malagón, 1990).

En la labor de aradura con disco o vertedera, para soportar las fuerzas laterales que ejerce el arado de vertedera y el de discos, se trabaja con una de las ruedas delanteras y una de las ruedas traseras del tractor, ubicadas en el interior del último surco de inversión que va dejando la labor. Si la profundidad de la labor de aradura es de 30 cm, por ejemplo, las ruedas indicadas se desplazarán a esa profundidad en el último surco de aradura, por lo cual en esa profundidad se va generando un efecto de compactación por el tránsito de ellas, que se suma al efecto compactador del arado al cortar un prisma de suelo a esa profundidad (**Foto 1**).



Foto 1.
Ruedas del tractor, en una labor de aradura con vertedera, ubicadas en el surco de aradura compactando el suelo.

Existe un tipo de compactación distinta al “pie de arado”, que se origina por el tránsito de los neumáticos de la maquinaria agrícola sobre la superficie del terreno. Los efectos de este tipo de compactación, aumentan con el tráfico excesivo de equipos sobre el terreno, y más aún, si éste se encuentra suelto al momento de iniciar las labores. Este tipo de compactación no persiste en los primeros 30 a 35 cm de profundidad, porque se va rompiendo año a año, por las labores de aradura y rastraje que van invirtiendo el terreno (Carrasco *et al.*, 2008).

Al emplear un tractor pesado en labores de preparación de suelos, cada pasada deja dos huellas en franjas de, aproximadamente, medio metro cada una. Con las labores posteriores, a partir de la cuarta pasada, se supone que el terreno queda totalmente cubierto de huellas, y por lo tanto con mayor compactación. Esto significa que “la compactación del perfil del suelo resulta también de gran importancia, siendo necesaria considerar que la fuerza ejercida por los tractores y los equipos de labranza, se proyecta en profundidad” (Faiguenbaum, 2003).

1.3. Labranza y el contenido de humedad del suelo

Un suelo apto para el cultivo debe reunir, entre otras características “una capacidad de almacenamiento de agua para proporcionar la suficiente humedad a los cultivos durante su desarrollo. Esto resulta más importante en aquellas Regiones donde las lluvias son insuficientes, o se encuentran mal distribuidas” (Fontaine, 1987).

La humedad es uno de los factores más importantes en las labores de preparación de suelo, ya sea en su etapa inicial de aradura, como en el afinamiento de la cama de siembra. La humedad le confiere características de plasticidad al suelo, que lo hace adherirse a los implementos de labranza dificultando su acción.

En suelos muy húmedos se afecta la tracción, al aumentar el patinaje y crecen los requerimientos de potencia. Además, “labores hechas en suelos con excesiva humedad, suelen resultar, asimismo, desfavorables, pues las partículas disgregadas con la labor tienden a amasarse y cementarse cuando el suelo va secándose” (Urbano, 1992).

La consistencia friable representa la condición óptima de humedad para realizar la labranza del suelo, indicada por algunos autores como “estado de tempero” (Urbano, 1992). En la práctica, la condición friable se reconoce al tomar suelo en la mano y conseguir que este se disgregue fácilmente al ser presionado, sin dejar restos adheridos en ellas, es decir alcanzar una estructura granular. Un suelo muy húmedo se adhiere a la mano, incluso se puede moldear, en el caso opuesto se forman terrones que cuesta disgregarlos (**Foto 2**).



Foto 2. Forma práctica de establecer el contenido de humedad “friable”, adecuada para labores de aradura con vertedera y discos, y de rastraje.

Un suelo con la humedad cercana a la capacidad de campo es mucho más susceptible a la compactación, a un determinado nivel de presión de los equipos de labranza, que uno con un contenido de humedad bajo. Operaciones tales como el subsolado y nivelación de suelos deben realizarse en temporadas de verano o comienzos de otoño, cuando el contenido de humedad es bajo. Sólo así se logrará una mayor eficiencia con el uso de estos equipos.

2. LABORES Y EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUELOS

Las labores de preparación de suelos se dividen, en labranza primaria y labranza secundaria. La primaria corresponde a la aradura, y su objetivo básico es remover y soltar el suelo a profundidades mayores a 15

cm., para facilitar la siembra, establecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, la circulación de agua y el movimiento de oxígeno y anhídrido carbónico (CO₂) (Ibáñez, 1985). Los implementos utilizados “producen movimientos agresivos al suelo, provocando disgregaciones del prisma de suelo, para posteriormente, formar una cama de semillas. Comúnmente se utilizan arados de vertedera, de discos, de cincel, subsoladores, y rastras del tipo offset (Fontaine, 1987).

La labranza secundaria tiene por función, controlar malezas, incorporar residuos vegetales y fertilizantes, y romper el sellamiento superficial del suelo (Ibáñez, 1985). Los implementos utilizados, producen mullimiento y emparejamiento del suelo, además, incorporan fertilizantes y enmiendas orgánicas al terreno, y controlan malezas.

2.1. Labranza primaria

La labranza primaria, puede realizarse de tres formas. a) invirtiendo la superficie trabajada; b), moviendo capas de suelo sin alterar el perfil; c), mezclando el perfil del suelo.

Los equipos utilizados con este propósito son los arados, los que de acuerdo a su diseño sueltan el suelo invirtiéndolo, no alterando su perfil, o bien cortando el suelo y/o mezclándolo.

a) Araduras de inversión. Son aquellas donde se invierte el perfil del suelo, siendo los arados de disco y vertedera, los implementos de labranza más usados. Los dos equipos se diferencian en su diseño, por lo que, no obstante de cumplir con lo anterior, la calidad de la labor difiere fundamentalmente en calidad de inversión, mullimiento y nivelación posterior del suelo.

b) Araduras que no alteran el perfil del suelo. Los arados cinceles y subsoladores, constituyen una alternativa a los arados de vertedera y disco. A diferencia de estos, producen grietas en el suelo, dejando la cubierta vegetal en la superficie. Ambos equipos se diferencian, en la profundidad de trabajo y en el número de unidades de rotura. Este tipo de trabajo requiere suelos relativamente secos, para que se produzcan grietas y un efecto “requebrajador” deseado.

- c) **Araduras que cortan y mezclan el perfil del suelo.** Los arados rotativos, son las herramientas que cortan y mezclan el perfil del suelo. Constan de un rotor provisto de cuchillas, accionado por la toma de fuerza del tractor, de manera que en una sola pasada por un terreno rompe y mezcla el suelo, dejándolo en condiciones adecuadas para la siembra.

En el grupo de los implementos destinados a la labranza primaria, se consideran todos aquellos que cumplen las funciones indicadas y que normalmente inician la rotura del suelo: arados de vertederas, de disco, cincel, subsolador y rotativo. Este último, no obstante el trabajar a profundidades de menos de 15 cm, se incluyen debido al tipo de labor que realiza, la cual es similar a los otros mencionados.

De todo lo señalado anteriormente, la labranza del suelo en los cultivos, es una labor indispensable para la obtención de adecuados rendimientos. Sin embargo, para ello, se deben considerar variadas alternativas de equipos, que deben ser analizados cuidadosamente, ya que cada una de ellos presenta ventajas y desventajas, las cuales se describen a continuación:

2.1.1. Equipos para la aradura de inversión

Los equipos utilizados en la labranza de suelos para cultivos, se pueden clasificar de varias formas. Entre ellas se citan ordenamientos de acuerdo a la labor que realizan sobre el suelo (inversión-remoción-mezcla), al tipo de tracción (animal-mecanizada) y a la forma de enganche (integral, de arrastre, y semi integral) (Ibáñez, 1985). Los arados integrales trabajan acoplado al tractor mediante el sistema de levante hidráulico, formando un solo cuerpo con él. Los de arrastre, poseen un chasis montado sobre ruedas de transporte. Los arados semi integrales son una combinación de los dos anteriores (Ibáñez, 1985). También se puede utilizar como norma de clasificación, la profundidad de trabajo a la que operan los diversos equipos, diferenciando entre implementos de laboreo primario y laboreo secundario, que se detallará a continuación.

2.1.1.1. Arado de Vertederas

El arado de vertederas (**Foto 3**), es un implemento de labranza primaria que invierte el perfil del suelo al separar una capa de terreno del subsuelo adyacente, pulverizarlo, elevarlo y darlo vuelta (Carrasco, 1998a). Hoy en día, el arado de vertederas reversible, es el implemento más usado en Chile. Su uso se extiende desde la producción hortícola, de cultivos tradicionales, hasta la preparación de suelos para el establecimiento de huertos frutales y viñedos.



Foto 3. Arado de vertedoras reversible, implemento de uso masivo en el mundo.

2.1.1.1.1. Descripción y funcionamiento

Los elementos del arado son una reja para hacer el corte horizontal a través del suelo, una cuchilla para hacer el corte vertical, la vertedera para voltear el prisma de terreno, y el patín que retiene a la tierra lateral cuando se da la vuelta el prisma (Ibáñez y Hetz, 1980). La unidad de trabajo del arado de vertedera, lo constituye el cuerpo del arado cuya misión es la de cortar, pulverizar, elevar y voltear un prisma de tierra. La fragmentación se lleva a cabo casi en su totalidad en la zona de la reja, de manera que la incidencia de la vertedera se reduce al volteo y a la formación de tierra fina por fricción de los terrones con la superficie interna de dicha pieza (Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1989).

El arado de vertedera, profundiza por la acción que se origina en la punta de la reja, la cual posee una curvatura hacia abajo y hacia el

terreno no arado, lo cual produce una tendencia a profundizar y a la vez adherirse a la pared del surco de aradura, que se define como succión vertical y succión horizontal (Ibáñez y Hetz, 1980).

Las ventajas más destacables de este arado, son las siguientes:

- Presenta una gran regularidad en la profundidad de trabajo y logra un buen control sobre la inversión del prisma del suelo, manteniendo con ello el microrelieve del terreno.
- Consigue un perfecto mullimiento del suelo.
- Realiza una buena inversión, lo que permite una buena descomposición de los residuos vegetales (Ibáñez, 1985; Carrasco, 1998 b).

Limitantes:

- No trabaja bien, si el suelo tiene una humedad por debajo o por sobre la del estado friable (Ibáñez y Hetz, 1980). Lo dicho está muy asociado con la textura, es decir con el porcentaje de arena, limo y arcilla del suelo.

En la medida que la textura se hace más arcillosa, es fundamental trabajar el suelo bajo el estado friable, porque a mayores contenidos de humedad, el suelo tiende a adherirse a la vertedera del arado y hace ineficiente la labor de inversión, además de aumentar los riesgos de producir problemas de compactación subsuperficial en el terreno (“pie de arado”). Cuando el suelo está muy seco, se producen terrones muy grandes, dada su elevada cohesión. También se dificulta notablemente la penetración del arado, aumentando el desgaste de la reja por roce. Sin embargo, existen diferentes diseños de vertedera, que se pueden captar a distintas condiciones de trabajo y humedad de suelo.

El grado de mullimiento del suelo, está muy relacionado con su contenido de humedad y textura. Por lo tanto, es mucho más importante la oportunidad en que se realizan las labores, que el número de las mismas. Un productor agrícola no debe olvidar que un excesivo número de labores, producto de una mala programación de ellas, va afectar seriamente la estructura del suelo y sus propiedades físicas, principalmente por el “tránsito” del tractor y el implemento de labranza. Hoy en día, la gran de-

manda de trabajo en la agricultura ha obligado a diseñar tractores poderosos, con un considerable aumento de peso para transmitir a las ruedas toda su potencia. Como consecuencia, éstas van causando un grave deterioro, al ejercer mayor presión sobre una superficie de suelo.

- Requiere suelos sin presencia de piedras, raíces de árboles, troncos o cualquier tipo de obstáculo, porque dañarían la vertedera, llegando en algunos casos a romperla.
- El suelo debe ser compacto para permitir un buen corte e inversión. Este arado no funciona bien en suelos arenosos, ya que la vertedera sólo se limita a desplazar el suelo sin invertirlo. Además se produce un excesivo desgaste del elemento de corte (reja de arado).
- La cubierta vegetal del terreno no debe ser muy alta ni enmarañada, para conseguir una buena incorporación. Es fundamental evitar el material suelto en la superficie que no esté previamente picado por una rastra de disco, porque se producen problemas de “atollamiento” del arado (Ibáñez y Hetz, 1980).
- Su labor de inversión del terreno, puede afectar negativamente la estructura del suelo, sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Al dejar la superficie del suelo descubierta, favoreciendo los procesos erosivos (Carrasco y García Huidobro, 1998).
- Es necesario que el tractorista esté capacitado en el uso del tractor y arado, para ejecutar la labor de aradura. En general, los problemas del uso del arado de vertederas se deben a la ineficiencia del operador (Carrasco y García Huidobro, 1998).

2.1.1.1.2. Regulaciones del arado

Las regulaciones del arado permiten dejar el implemento en condiciones óptimas de funcionamiento en el terreno.

a. Nivelación longitudinal. Tiene por objeto mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de las unidades de rotura y la superficie del terreno.

En los arados integrales, la nivelación se realiza variando la longitud del brazo superior del sistema de tres puntos del tractor (Ortiz-Cañavate y Hernánz, 1989).

Los arados integrales, son aquellos que trabajan acoplados al tractor mediante los brazos del sistema de levante hidráulico, formando un solo cuerpo con él. Este tipo de unión permite una gran maniobrabilidad, al mismo tiempo que a través del tercer punto, transmite hacia las ruedas traseras del tractor la fuerza de resistencia que el terreno opone al arado, aumentando su tracción (Ibáñez, 1985; Ortiz-Cañavate y Hernánz, 1989).

Si el implemento es semi integral, la regulación se consigue por intermedio del ajuste del brazo superior del sistema de levante hidráulico, de la rueda timón y de la rueda reguladora de profundidad.

En los arados de arrastre, la nivelación longitudinal se obtiene modificando la posición de la rueda timón en sentido vertical (Ibáñez, 1985).

b. Nivelación transversal. Al igual que la anterior, permite mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de las unidades de rotura y la superficie del terreno. Tanto en los arados integrales como semi integrales, esta regulación se consigue por medio del brazo lateral derecho del sistema de levante hidráulico, el que se puede subir o bajar, modificando su longitud de soporte. En los arados de arrastre se efectúa variando la posición vertical de la rueda delantera que va apoyada en el fondo del surco.

c. Profundidad de trabajo. El aumentar o disminuir la penetración de las unidades de rotura, sin alterar la nivelación de las mismas, se hace a través de la regulación de la profundidad de trabajo. En los arados integrales, la profundidad se regula generalmente por medio del sistema hidráulico. El operador del tractor levanta o baja el implemento accionando la palanca del hidráulico, que puede fijarse en cualquier posición (Ibáñez y Hetz, 1980). En los arados semi integrales, la profundidad se consigue a través del sistema de levante hidráulico del tractor y una rueda de profundidad que va apoyada sobre el terreno no arado. En los arados de arrastre se logra mediante las ruedas de trans-

porte, ya sea en forma mecánica o empleando un cilindro hidráulico de control remoto accionando desde el tractor.

2.1.1.2. Arado de discos

El arado de discos (**Foto 4**), ha sido en décadas pasadas, el implemento de labranza primaria de mayor utilización en la zona sur de Chile, para realizar la rotura inicial del suelo. Sin embargo, hoy en día su uso es cada vez menor, siendo reemplazado por el arado de vertederas reversible, y si se trata de una labranza conservacionista, por el arado cincel. Su trabajo es similar al de los arados de vertedera: corta, invierte y mulle el terreno a profundidades superiores a 20 cm (Ibáñez y Hetz, 1980; Carrasco, 1998b).



Foto 4. Arado de discos, equipo actualmente poco difundido en la zona central de Chile ante la aparición del arado de vertederas reversible.

Están formados por una serie de discos soportados por una armazón o “chasis”, que giran sobre un eje que pasa por su polo o centro. Generalmente, tienen de dos a cinco discos, que cortan de 18 a 30 cm de ancho cada uno. Los discos tienen diámetros y radios de curvatura de dimensiones diversas, adaptadas a las distintas labores y suelos (Ibáñez, 1985).

Ventajas:

- A diferencia del arado de vertedera, en terreno con presencia de obstáculos ocultos, como troncos o piedras de gran volumen, posee la habilidad de rodar sobre ellos sin sufrir daños o roturas, que significan pérdidas de tiempo y dinero.

- En suelos arcillosos y húmedos, realiza una aceptable labor de aradura, en la medida en que los discos y raspadores se encuentran limpios y regulados.
- Efectúa un adecuado trabajo en superficies con exceso de cubierta vegetal. Se debe aumentar el ángulo de inclinación vertical del disco y la velocidad de trabajo, para lograr una mejor inversión del suelo e incorporación de la cubierta vegetal (Ibáñez, 1985). Esto es importante, porque un menor ángulo de inclinación favorecería una mayor intensidad de corte de malezas de reproducción vegetativa y escasa inversión, lo que favorecería la multiplicación de ellas (Carrasco, 1998b).
- Se adapta bien a terrenos sueltos, como suelos arenosos o previamente arados o rastreados, y se comporta mejor que un arado de vertedera bajo esas condiciones.
- Con algunas limitantes, invierte de manera adecuada suelos secos o húmedos en exceso, donde la labor con un arado de vertedera se haría ineficiente.
- Los discos, por su gran área de corte, presentan desgastes en cada unidad, significando con ello un menor costo del tratamiento o cambio individual de los que presenten problemas de filo.
- En la labor de aradura, los discos al ir girando, tienen menos requerimientos de tracción por ancho de corte que otros arados, fundamentalmente porque se ha reducido el roce entre el disco y el suelo cortado (Ibáñez, 1985).

Limitantes:

- Su empleo por operadores inexpertos tiende a agravar la desnivelación del suelo, situación indeseable en terrenos bajo riego, porque significaría además un mayor número de rastrajes para corregir la labor de aradura.

- Desde el punto de vista del cubrimiento y control de las malezas, el grado de inversión del suelo es sólo un 60 por ciento del obtenido con el arado de vertederas.
- Su peso, que influye en la profundidad de aradura, limita su empleo como equipo integral a cuatro o cinco unidades de rotura. Al ser levantado a la posición de transportes, el mayor peso reduce la estabilidad del tractor y daña el sistema hidráulico del mismo.
- En la labor de aradura entra por peso en el suelo, por lo cual ejerce un mayor efecto, que otros arados sobre la compactación subsuperficial del mismo.
- Favorece la propagación de malezas de reproducción vegetativa, como chéptica (*Cynodon dactylon*), maicillo (*Sorghum halepense*), chufa (*Cyperus esculentus*), y zarzamoras (*Rubus fruticosus* L.) (Ormeño y Carrasco, 1999).

2.1.1.2.1. Funcionamiento del arado

En Chile, fundamentalmente, se utiliza el arado de disco integral, acoplado por el enganche de tres puntos al tractor y sostenido por éste durante el transporte.

El implemento corta el suelo y los rastros, invirtiéndolos y mezclándolos. El arado de discos, a diferencia del de vertedera, no penetra por succión alguna. Para conseguir la profundidad de suelo deseada, se requiere un ajuste del ángulo de “ataque” del disco y un abundante peso del armazón o estructura del arado (generalmente de 150 a 500 kg por disco). Los discos deben operarse a una velocidad uniforme y bastante lenta para conseguir la mejor acción y ancho del corte. Altas velocidades de trabajo provocan una tendencia a arrojar tierra en forma irregular y a reducir la profundidad.

2.1.1.2.2. Regulaciones de los arados de discos

Tanto la regulación de nivelación longitudinal como transversal, tienen por objeto mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de la unidad de rotura y la superficie del terreno.

- a. **Nivelacion longitudinal.** Se consigue modificando la posición de la rueda timón en sentido vertical. En los arados integrales que utilizan el sistema de acople convencional de tres puntos, la nivelación se realiza variando la longitud del brazo superior.
- b. **Nivelacion transversal.** En los arados integrales, se logra por medio de brazo lateral derecho del sistema de levante hidráulico, que se sube o baja, modificando la longitud de su soporte.
- c. **Nivelación de las ruedas de surco.** Necesario para estabilizar el arado en su parte trasera (Fontaine, 1987).
- d. **Profundidad de trabajo.** Como se señaló, la penetración en el suelo cambia de acuerdo con el peso del arado y el ataque de los discos. Por ello, la regulación de profundidad permite disminuir o aumentar las unidades de rotura (o discos) en el suelo sin alterar la nivelación de las mismas. En los arados integrales, se efectúa por medio del sistema hidráulico, cuya palanca el operador acciona y fija en cualquier posición para bajar o levantar el implemento.

Para un funcionamiento óptimo, el arado debe ser remolcado en línea completamente recta (Ibáñez y Hetz, 1980). Todos los discos deben funcionar a la misma profundidad de trabajo, y todas las secciones de los surcos de corte deben tener el mismo ancho de corte. El ancho de corte del primer disco o disco delantero, se determina por el ajuste de la distancia entre los puntos medios de los neumáticos de las ruedas delanteras del tractor (trocha) (Carrasco, 1998b).

2.1.2. Equipos que no alteran el perfil del suelo

2.1.2.1. Arado cincel

El arado cincel (**Foto 5**), es un equipo de masivo empleo en la agricultura nacional, que ha venido a satisfacer la necesidad de romper y remover el suelo, sin invertirlo, a profundidades entre 20 a 35 cm (Carrasco *et al.*, 1993).

Foto 5.
Arado cincel,
considerado un
implemento
conservacionista
de suelos.



Este equipo tiende a romper las capas impermeables que limitan el adecuado suministro de oxígeno a los cultivos, situación que se presenta en los suelos compactados. Posee herramientas de labranza, que son vástagos, arcos de acero, o cincelos, montadas sobre brazos flexibles, los cuales fragmentan el suelo, sin inversión de capas (Riquelme y Carrasco, 1991; Carrasco *et al.*, 1993). Esto incluye a una posible capa compactada, que comúnmente se conoce como “pie de arado”

El perfil de suelo trabajado por un arado cincel, además de disponer de un espacio poroso suficiente como para almacenar agua de lluvia de cualquier intensidad, no presenta la discontinuidad estructural que supone la formación de una suela de labor, o “pie de arado”, dejada por los arados de vertedera y disco (Guerrero, 1984).

El arado cincel, suelta el suelo sin invertirlo ni mezclarlo, a profundidades menores a los 30 cm, incrementando con ello la porosidad en el subsuelo, sus condiciones estructurales y la capacidad de retención de humedad. En la actividad agrícola, cuando el suelo se compacta, a una profundidad no mayor a los 30 cm de profundidad, debido al tráfico de la maquinaria, conviene efectuar una labor de “estallamiento” con un arado cincel, o sea romper, quebrar y abrir el suelo, aumentando con esto su porosidad. En el caso del establecimiento de un cultivo, es fundamental cincelar el terreno para prevenir futuros problemas originados por la existencia de una capa compactada presente en el suelo (Riquelme y Carrasco, 1991).

Ventajas:

- Ahorro de energía. La tracción requerida por unidad de ancho, trabajando a una misma profundidad, puede ser prácticamente la mitad de la requerida por un arado de vertedera.
- Mejora la penetración del agua, conservando la humedad, además activa la circulación de los gases en el perfil, permitiendo una óptima ventilación del suelo.
- Elimina el estrato compactado, o "pie de arado", provocado por el paso sucesivo del arado de vertedera o de disco a una misma profundidad, cuando el suelo tiene un contenido de humedad inapropiado.
- Deja residuos vegetales sobre la superficie, como rastrojos y restos de malezas, lo que aminora notablemente el efecto de la erosión. Investigaciones realizadas en el exterior y en el país, demuestran que la labranza de otoño efectuada con arados de vertedera o disco, dejan el suelo desnudo y por lo tanto susceptible a la erosión provocada por el viento y la lluvia.
- Evita la mayor proliferación de malezas. Un suelo trabajado sucesivamente con arado cincel se aprecia más limpio, ya que como este implemento no invierte el suelo, no coloca semillas de malezas en condiciones de germinar. Caso contrario ocurre con los arados de disco y vertedera, los que al invertir el suelo ponen en la superficie gran cantidad de semillas de malezas.
- Produce menos problemas de erosión (Guerrero, 1984). Al no invertir el suelo en su labor de aradura y provocar resquebrajamiento de este, facilita la infiltración de un mayor volumen de agua en el perfil de suelo. Por lo tanto, al ser menor el agua de escorrentía, los problemas de erosión son menores.

2.1.2.1.1. Descripción del arado cincel

En el país el arado cincel que más se utiliza, es el de tipo integral con vástagos curvos, que es el que a continuación se describe.

La estructura básica del arado cincel es el marco portador o chasis, en el cual, de acuerdo a sus dimensiones, se pueden montar de 5 a 9

cinceles o vástagos con mordazas independientes al chasis, lo que permite su modificación de acuerdo al tipo de trabajo y capacidad de potencia del tractor.

El arado cincel más utilizado en Chile, es el de tipo integral, donde el arado se acopla al sistema de levante hidráulico de tres puntos del tractor. Posee una torre de enganche sobre el chasis y trabaja totalmente suspendido sobre el tractor, utilizando las ruedas laterales sólo como un regulador de profundidad (Ibáñez y Hetz, 1996).

Los arados cinceles de vástagos curvos (**Foto 6**) han sido diseñados, para proporcionar una óptima fractura de suelo con una mínima tracción (Riquelme y Carrasco, 1991). El sistema de doble resorte de estos arados, protege los cinceles cuando la punta de estos choca contra obstrucciones en el suelo, como piedras o raíces ocultas de árboles, condición muy común en los suelos de nuestro país. Además el efecto amortiguador de este tipo de resortes, produce una acción vibratoria en suelos firmes y secos, lo que ayuda a fragmentar y romper su estructura.

2.1.2.1.2. Normas de operación en el campo

El trabajo de aradura con cincel debe iniciarse en un costado del campo, realizando pasadas adyacentes a la anterior y así sucesivamente, hasta finalizar el potrero. Al llegar a las cabeceras el arado, debe levantarse desde el suelo para girar, lo que facilita el trabajo y protege a los vástagos y al marco portador, de las fuertes presiones laterales.

Si se trata de arar un suelo con residuos abundantes, antes de la labor con cincel es conveniente utilizar una rastra de discos o un arado rota-



Foto 6.
Arado cincel de enganche integral.

tivo, para picarlos y reducir su volumen, facilitando con ello la labor posterior del arado (Riquelme y Carrasco, 1991).

Cuando el suelo está muy compactado, especialmente en suelos arcillosos, conviene pasarlo dos veces el arado cincel, la primera pasada a una profundidad superficial y la segunda en forma diagonal a la primera, rompiendo a la profundidad que se desea. De esta manera, se suprimen los camellones que quedan en la primera pasada, y al mismo tiempo se evita que las puntas sigan las mismas ranuras del suelo producidas anteriormente (Riquelme y Carrasco, 1991).

La velocidad de trabajo puede ser de 5 a 9 km/hr. Si el objetivo es sólo obtener un barbecho con el suelo desmenuzado y cubierto de camellones, para reducir la erosión provocada por el viento, conviene trabajar con el arado a las velocidades más altas. Si la intención es dejar un suelo en condiciones de sembrar, se debe trabajar a una velocidad más lenta (5 a 6 km/hr).

2.1.2.1.3. Regulaciones del arado cincel.

a. Nivelación del arado. El plano formado por todos los cinceles del arado en posición de trabajo (a la profundidad deseada), debe mantenerse paralela a la superficie del suelo. Sólo de esta manera, se logra que la profundidad de aradura sea uniforme en todo el terreno. Para tal efecto, en los arados integrales, se debe nivelar el chasis transversalmente (**Figura 1**) articulando uno de los brazos laterales del sistema hidráulico del tractor y longitudinalmente (**Figura 2**), modificando el largo del brazo superior del mismo sistema (Ibáñez y Hetz, 1996; Riquelme y Carrasco, 1991).

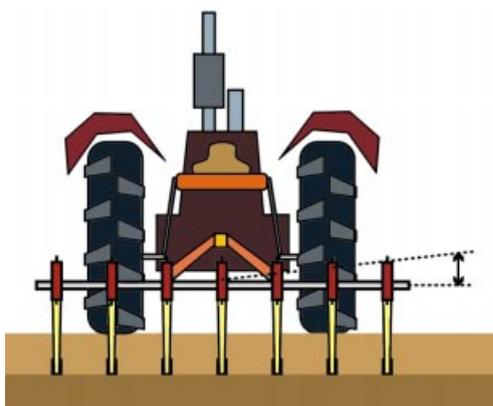


Figura 1. Nivelación transversal de un arado cincel integral.

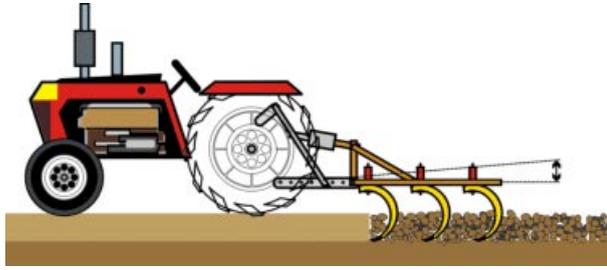


Figura 2. Nivelación longitudinal de un arado cincel integral.

b. Profundidad de trabajo. Esta regulación se consigue mediante el sistema hidráulico del tractor, que sube y baja todo el conjunto. El modelo de tipo integral, cuenta con ruedas que limitan la penetración del arado, fijando la profundidad de trabajo en la diferencia de posición entre el plano formado por los cincelos y el punto de apoyo de la rueda (Ibáñez, 1985; Riquelme y Carrasco, 1991; y Ibáñez y Hetz, 1996).

La profundidad de labor va a estar dada, por el tipo del suelo y por la humedad que el mismo posea en el momento de realizarse la aradura. Si se trata de un suelo poco desarrollado, es decir con una capa arable de unos pocos centímetros, no tiene mucho sentido profundizar la aradura (Riquelme y Carrasco, 1991).

Para suelos francos la profundidad óptima con poca humedad de suelo, es de 15 a 20 cm. El arado cincel hace muy buen trabajo a esa profundidad, siempre que la humedad del suelo sea escasa. A medida que aumenta el porcentaje de humedad, para obtener el mismo resultado, es necesario aumentar la profundidad de aradura, no sobrepasando en ningún caso los 25 a 30 cm.

La profundidad de 25 cm se puede utilizar para realizar una labor subsuperficial, en especial para eliminar el “pie de arado” causante, en muchos casos, del crecimiento y desarrollo irregular de varios cultivos (Riquelme y Carrasco, 1991). A 30 cm de profundidad, es muy difícil llegar con una primera pasada de cincel, debido al mayor requerimiento de potencia que se produce. Además, la velocidad debe ser sacrificada, a objeto de lograr la marcha que sea capaz de mover el arado a esa profundidad.

En estos casos, resulta mucho más recomendable invertir el método de preparación de suelo, es decir, primero se cultiva la zona superficial con rastra de discos para procesar residuos y mullir el suelo, acción que suelta los primeros 10 cm. Luego se procede con el arado cincel, que penetra con facilidad hasta los 30 cm deseados, debido a que la zona rastreada no le ofrece una resistencia adicional (Riquelme y Carrasco, 1991).

2.1.2.2. Arado Subsolador

Es una herramienta que realiza la labor de remover y soltar el suelo a profundidades mayores a 30 centímetros, por lo que en el caso de problemas de compactación a esas profundidades y que no puedan ser solucionadas con el arado cincel, es la mejor alternativa.

El subsolador se diferenciará según el número de escarificadores, o la profundidad de trabajo que define el tamaño del implemento. Consta de un marco portaherramientas o chasis, de construcción robusta, donde va montado uno a tres brazos de fierro, separados entre sí a distancias generalmente mayores a 50 centímetros y capaces de penetrar a profundidades mayores a 30 centímetros, por lo cual requiere de tractores de elevada potencia para un funcionamiento eficiente.



Foto 7. Tractor y arado subsolador de un brazo, en una labor de rotura del suelo para replante de frutales.

El arado subsolador tradicional (**Figura 3**) está compuesto de un brazo rígido de perfil rectangular recto, con un largo que puede ir de los 80 a 100 centímetros, en cuyo extremo inferior se une, a través de pernos, a la bota o pie que produce el trabajo de quebrar el suelo endurecido de las capas inferiores, produciendo grietas que se distribuyen lateral y verticalmente alcanzando hasta la superficie. La cara anterior del brazo presenta filo de cuchilla, para reducir la resistencia que ofrece el suelo al avance del arado.

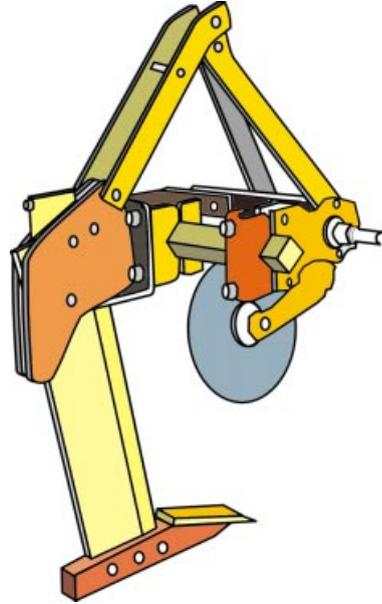


Figura 3. Arado subsolador tradicional, compuesto de un brazo de rotura montado en el “chasis” del equipo.

El subsolado, puede tener requerimientos muy altos de potencia del tractor, especialmente si se trata de suelos muy compactados o que la labor deba hacerse a gran profundidad. Estos requerimientos, se traducen en la necesidad de emplear

un tractor, con una potencia superior a los 80 hp al motor, si se trata de equipos con un brazo de rotura (Figura 3), pudiendo superar los 100 si trata de equipos con más de un subsolador o brazo de rotura.

2.1.2.2.1. Regulación del arado subsolador

a. Nivelación del Arado. Para conseguir un apropiado funcionamiento del arado subsolador o descompactador, este debe estar correctamente nivelado. Uno de los aspectos de mayor importancia para un buen funcionamiento del arado subsolador, es la posición de la unidad de rotura con respecto al nivel del suelo. Existen dos tipos de nivelación, una **transversal** y una **longitudinal**.

- En el sentido **transversal**, el chasis o estructura porta herramienta debe mantener un plano paralelo con el terreno. En los arados acoplados a

los tres puntos del tractor (integrales), esa nivelación se consigue accionando una manivela que modifica la posición del brazo lateral derecho del tractor. Esta nivelación transversal permite que las unidades de rotura penetren verticalmente en el suelo. La nivelación transversal se comprueba en la práctica, caminando detrás del tractor y subsolador trabajando, observando que el chasis esté absolutamente paralelo al suelo, no inclinado hacia la derecha, ni hacia la izquierda.

- En el sentido transversal, el chasis o estructura porta herramienta, debe mantener un plano paralelo con el terreno. En los arados acoplados a los tres puntos del tractor (integrales), esa nivelación se consigue accionando una manivela que modifica la posición del brazo lateral derecho del tractor. Esta nivelación transversal, permite que las unidades de rotura penetren verticalmente en el suelo. La nivelación transversal se comprueba, en la práctica, caminando detrás del tractor y subsolador mientras se encuentran ambos en funcionamiento, pero siempre atento a que el chasis esté absolutamente paralelo al suelo, y que a la vez no se encuentre inclinado hacia la derecha, ni hacia la izquierda”.
 - La nivelación en el sentido **longitudinal**, el chasis del subsolador garantiza que la unidad de rotura mantenga el ángulo de penetración diseñado por el fabricante (este ángulo es particular de cada diseño). En los subsoladores integrales (conectados a los brazos del tractor), esta regulación se logra modificando la longitud del brazo superior del sistema de levante hidráulico del tractor. En general, este tipo de nivelación se comprueba al caminar paralelamente al tractor e implemento al momento realizarse la labor de subsolado, observando que este último no vaya inclinado hacia atrás ni hacia delante (Ibáñez y Hetz, 1996).
- b. Profundidad de trabajo.** Para regular la profundidad de trabajo, es fundamental regular la profundidad de la unidad o unidades de rotura, en función de las características del perfil del suelo a trabajar (Ibáñez y Hetz, 1996) y de su grado de compactación. Esto porque, este equipo ha sido diseñado con el objetivo de romper capas compactadas en el subsuelo, además que es la "bota" o punta del arado la que produce grietas al pasar a través de esas capas.

- Si a través de una calicata se establece que existe presencia de una capa compactada, que se ubica desde la superficie hasta 60 centímetros profundidad, existiendo el mayor grado de compactación a una profundidad que va entre los 40 y 50 centímetros, la profundidad de trabajo recomendable sería el subsolar a una profundidad de 45 centímetros. Esto, en la práctica, se consigue midiendo el largo total del brazo del subsolador, supongamos 80 centímetros, el cual se resta a los 45 centímetros, por lo cual la diferencia entre ellos (35 centímetros) corresponde al largo del brazo del implemento que debe sobresalir desde el suelo, al momento de iniciar la labor de subsolado.

Para la labor de subsolados, es importante que la punta de la bota del subsolador, se ubique en la zona media del área compactada, con el objeto de provocar el estallamiento en la zona deseada.

En terreno, una forma de comprobar la efectividad de la profundidad de trabajo de la labor, es extraer los primeros 30 a 40 centímetros más superficiales, y posteriormente medir con una varilla graduada, después de una pasada del subsolador, la profundidad a la cual éste ha penetrado (**Foto 8**).



Foto 8. Forma práctica para evaluar en terreno la profundidad de trabajo del subsolador, utilizando una varilla graduada.

2.1.3. Equipos que cortan y mezclan el perfil del suelo

2.1.3.1. Arado Rotativo

El arado rotativo, es un implemento usado desde principios del siglo XX. Es un implemento de rotura, que mezcla el perfil del suelo, realizando en una operación, el corte o inversión del prisma de suelo, propio del arado de vertedera o disco, y la pulverización de la rastra de discos, pero a una menor profundidad.

Este equipo no es más que una máquina, que en esencia es un eje de giro en posición horizontal, situado perpendicularmente a la dirección de avance del tractor, y provisto con cuchillas de distinto perfil. Está accionado por el eje toma de fuerza del tractor, por lo cual este tipo de arado, en una sola pasada realiza el rompimiento y mezcla del suelo, quedando éste en condiciones para la siembra (Urbano, 1992).

Sin embargo, lo anterior, el arado rotativo presenta algunos inconvenientes, como son el alto costo inicial, el requerimiento de potencia en el tractor, baja eficiencia en la operación de aradura al ser esta lenta, y que los suelos arados constantemente con este implemento van perdiendo su estructura, por el excesivo manipuleo, poniendo en peligro sus características estructurales (Ibáñez, 1985). En las explotaciones agropecuarias donde existe un arado rotativo, debe tenerse mucho cuidado en la operación, porque los daños por un mal empleo del implemento son de alto costo, al afectarse la estructura del suelo, dañarse el implemento, o el sistema de transmisión del tractor.

El arado rotativo es un implemento para la labranza primaria y mínima, cuyo trabajo consiste en cortar, remover y proyectar trozos de suelos y vegetación contra la cubierta o "carcaza" de la máquina, logrando así una fragmentación del terreno. Para ello, consta de un eje horizontal, que hace rotar un conjunto de cuchillas en forma de azadones (FMO, 1988). La rotación del conjunto de cuchillas, es transmitida por el eje toma de fuerza del tractor, y el grado de pulverización con el cual queda el suelo, depende de las condiciones de humedad del terreno, y de la relación entre la velocidad de avance y la velocidad de rotación de los azadones.

El tractor debe disponer de la potencia adecuada, para mantener la suficiente velocidad de avance e impedir la “pulverización” del suelo, cuestión que afectaría su estructura. Las velocidades normales de trabajo, para la mayoría de los arados rotativos, varía entre 4 a 9 km/hr., según sea las condiciones de suelo o resultados esperados (FMO, 1988).

Los arados rotativos son buenos para cortar y mezclar rastrojos o restos de poda. Algunos productores de frutales de carozo dan una pasada con este equipo en la temporada de otoño, después de la poda de los frutales, por la entre hilera del frutal establecido, con el objeto de picar los restos de poda e incorporarlos en el suelo. Después de haber incorporado grandes cantidades de restos de poda, generalmente se requieren aplicaciones adicionales de un fertilizante nitrogenado, para mantener la fertilidad del suelo y facilitar la velocidad de descomposición del rastrojo (FMO, 1988). Este nitrógeno es utilizado por los microorganismos, que descomponen los residuos, y con ello se evita la competencia por el nitrógeno disponible para las plantas frutales jóvenes.



Foto 9. Arado rotativo en labor de preparación de suelos para la incorporación de un fumigante, previo al replante de un frutal.

Ventajas:

- Si el suelo se encuentra en estado friable, prepara una cama ideal para la siembra de un cultivo.
- No se requieren otros implementos para terminar la preparación del suelo.

- Presentan una gran facilidad para triturar malezas y rastrojos.
- Puede conseguirse, el enterramiento de praderas, rastrojos y pajas secas, o el desmenuzamiento y enterramiento de cañas de maíz.
- Permiten mezclar fertilizantes orgánicos como inorgánicos en el perfil.
- Por su acción de corte del suelo, comunican al tractor una tracción adicional.
- Al igual que el arado cincel, no requiere de operadores expertos al presentar una gran maniobrabilidad.
- Controla estadíos de insectos, como larvas, dañinos para la agricultura.
- Proporciona tracción adicional al tractor, por el giro del eje horizontal y las cuchillas en el suelo.

Limitaciones:

- Multiplica malezas de reproducción vegetativa.
- Facilita la multiplicación de malezas por semilla. Escaso control sobre ellas.
- Destruye fauna beneficiosa para la agricultura, como lombrices.
- El costo de inversión, al igual que el costo de reparación del arado es alto.
- Su uso en terrenos con piedras, afecta el filo de las cuchillas, y por lo tanto el arado.
- La labor es ineficiente, al ser más lenta que si se usa otro tipo de arado.
- Se requieren tractores sobre 80 Hp para la labor de aradura.

2.1.3.1. 1. Regulación del arado

a. Profundidad de operación. Regular la profundidad del cultivador rotatorio, se consigue ajustando las ruedas guía del arado. Según sea el diseño de la máquina, las ruedas guías pueden controlarse ajustando las “abrazaderas” o palancas acodadas, cambiando los pernos o moviendo los cilindros hidráulicos remotos (FMO, 1988). El uso de un arado rotativo, permite alcanzar profundidades de aradura de 15 a 20 cm. Esto se consigue trabajando con la cuchilla adecuada, y con potencia suficiente en el eje toma de fuerza del tractor. Para labores más

superficiales, requiere de tractores de potencias por sobre los 80 Hp, pero para conseguir una aradura eficiente a profundidades mayores a los 15 cm se requieren tractores con potencias por sobre 100 Hp.

2.1.4. Criterios de selección del arado más adecuado para preparar el suelo

Incorporación de residuos vegetales, estiércol y fertilizantes	Presencia de malezas de reproducción vegetativa	Suelos con presencia de piedras	Romper compactaciones tipo pie de arado	Facilitar la penetración de agua en el perfil	Mantener el micro-relieve del terreno
Arado de vertedera	Arado cincel	Arado de discos	Arado cincel	Arado cincel	Arado cincel
Arado de discos	Arado de vertedera	Arado cincel de herramientas flexibles	Arado subsolador	Arado subsolador	Arado de vertedera
Arado rotativo	Arado subsolador				Arado subsolador

2.2. Labranza secundaria

El objetivo de la labranza secundaria, es preparar la zona de semillas, mediante el uso de diversos tipos de rastras y rodillos. El mullimiento del suelo, y el control de malezas, debe ser el suficiente para asegurar un buen establecimiento del cultivo.

2.2.1. Mullimiento del suelo

El mullimiento del suelo, debe ir de acuerdo con el tamaño de la semilla de la especie a establecer, por lo cual se debe evitar una labor excesiva. Es importante, para conseguir un íntimo contacto del suelo con la semilla y así permitir el intercambio de temperatura y humedad, necesarios para una buena germinación (Ibáñez, 1985).

En las labores secundarias es fundamental evitar los terrones, ya que dificultan una buena emergencia, provocando la pérdida de la planta. Los terrones no existen en forma natural en el suelo, son el resultado de una mala labor realizada por el hombre.

Lo anterior es muy importante, ya que incide directamente en los costos de producción, además de afectar el recurso suelo, porque un suelo "terronudo" obliga al agricultor a realizar un excesivo número de rastrajes. Es frecuente que el productor agrícola se preocupe de comenzar las labores de rastraje para mullir el suelo, solo una vez que han terminado de arar toda la superficie requerida para el establecimiento del cultivo. En consecuencia, decide comenzar cuando existe ya una gran cantidad de terrones, originados por los agentes deshidratantes, tales como el sol y el viento (Carrasco y Riquelme, 2008).

Para evitar la formación de terrones, se recomiendan las siguientes medidas:

- Arar y rastrear en el momento oportuno, en relación al porcentaje de humedad del suelo. Si la labor se realiza al estado friable, bastaría un solo rastraje para conseguir el mullimiento deseado.
- Usar rastrones de madera detrás de la rastra de discos para "planchar" el suelo, con el objeto de ofrecer una menor superficie de contacto al sol y viento.

2.2.2. Control de malezas

La eliminación de las malezas, es uno de los principales objetivos de la preparación de suelos, la cual es realizada fundamentalmente por las labores secundarias. El proceso de control que se utilice depende de varios factores: tipo de malezas presentes y desarrollo de ellas, clima imperante, disponibilidad de maquinaria, oportunidad de la labor, entre otros.

Para el control de malezas con la labor de aradura con arado de disco o vertedera, esta se inicia al invertir el suelo, es decir, con esa labor se van cubriendo y ahogando las malezas ya emergidas, además que se

profundizan semillas de ellas ubicadas superficialmente y en condiciones de germinar, quedando por lo tanto en estado latente. Sin embargo, con esta labor, se llevan a la superficie otras semillas que se encontraban a una profundidad no adecuada para germinar, pero que posteriormente pueden ser controladas con labores de rastrajes, si estos se manejan en forma eficiente, haciendo germinar las semillas que están ubicadas en la superficie, para desarraigarlas posteriormente.

2.2.3. Equipos para labores de rastrajes

2.2.3.1. Rastra de discos

Este equipo tiene la gran ventaja de permitir un control de malezas después de cada temporada de producción, debido a que en la etapa de cosecha del cultivo anterior, existe una falta de preocupación por el control de ellas, acumulándose un volumen importante, que no sería eficientemente controlado por otro tipo de rastras (**Foto 10**), (Carrasco y Riquelme, 2008).



Foto 10. Rastra de discos de tipo “off-set”, equipo usado ampliamente para el manejo de suelos en frutales.

La rastra de discos, ampliamente utilizada por los productores, presenta tres inconvenientes fundamentales en la labor de preparación de suelo. El primero y más importante, es el de multiplicador malezas de reproducción vegetativa, su uso facilita la infestación al cortar trozos que dan origen a nuevas plantas. El segundo, es el de provocar desni-

velación superficial que se agrava aún más, con tractoristas inexpertos (Carrasco y Riquelme, 2008). El tercero, es el de provocar un “pie de arado” o zona de compactación en el suelo.

Experiencias realizadas por INIA han demostrado que la rastra de disco provoca una compactación subsuperficial del suelo, a profundidades que van entre los 15 y 25 cm, dependiendo de la textura del suelo y del peso de la rastra (Carrasco y Riquelme, 2008).

2.2.3.2. Rastra vibrocultivador

Este equipo es un implemento de múltiples usos en la explotación agrícola. Reemplaza con muchas ventajas a las rastras de clavos, de discos, rotativas, rodillos compactadores, etc. Su uso, no sólo reemplaza a todos estos implementos, sino que los supera en rendimiento de trabajo individual.

Este implemento que remueve el suelo sin invertirlo, está constituido por un bastidor que soporta flexibles en forma de “S”, en cuyo extremo se adosan púas de diferentes formas para utilizar en los distintos tipos de suelos y/o trabajos, obteniéndose un “vibrado” completo del suelo a la profundidad deseada (**Foto 11**).



Foto 11. Rastra vibrocultivador, equipo constituido por un “chasis” que soporta brazos flexibles en forma de “S”, ideales para el control de malezas perennes.

Las ventajas del vibrocultivador son:

- Permitir un buen control de malezas de reproducción vegetativa, como la chéptica (*Cynodon dactylon*) y Maicillo (*Sorghum halepense*), al destruir sus estolones y rizomas, exponiéndolos a las condiciones climáticas, por la acción de un rodillo compactador desmenuzador (Ormeño y Carrasco, 1999).
- La presencia de brazos flexibles tipo “S” con púas, permite romper el sellamiento superficial del suelo.
- Permite una buena nivelación por la acción de una pieza regulable, el cual lo poseen algunos equipos, que precede a la acción de los brazos “S” y por la acción de un rodillo compactador-desmenuzador. La función de estos accesorios es romper por impacto, los terrones y nivelar progresivamente el terreno.

Es importante considerar que en labores posteriores con vibrocultivador, se debe reducir lo más posible el uso del rodillo compactador desmenuzador, debido a que por la alta velocidad de la labor (8 a 10 km/hora) provoca un excesivo mullimiento del suelo, que a su vez se traduciría en problemas de erosión, por arrastre de sedimentos por el riego gravitacional.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. y Silva, P. 2003.** Efecto de la labranza en las propiedades del suelo. En: E. Acevedo y P.Silva. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas N° 10. 118 p.
- Carrasco, J., García-Huidobro, J.; y Peralta, J.M., 1993.** Selección de equipos de labranza. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA) La Platina. Marzo-Abril, N° 75, p.3-17.
- Carrasco, J. y García Huidobro, J. 1998.** Los problemas de la labranza y los equipos. Revista Tierra Adentro N° 28. pp 24-28.
- Carrasco, J. 1998a.** El arado de vertederas. Equipos de labranza primaria. Revista Tierra Adentro N° 29. pp 44-47.
- Carrasco, J. 1998b.** El arado de discos. Equipos de Labranza primaria. Revista Tierra Adentro. N° 30. pp 41-44.

- Carrasco, J.; J.F. Pastén; J. Riquelme. 2008.** Manejo de suelos para plantación y replante. p. 45-69. En: Lemus, G. y J. Donoso (ed). "Establecimiento de Huertos frutales". Boletín INIA N° 173. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Rengo, Chile.
- Carrasco, J., y Riquelme, J., 2008.** Ras-tras: Consideraciones de uso para el manejo de suelos en frutales. En: Lemus, G. y Carrasco, J. Compendio técnico. Proyecto Nudo de frutales de carozo de exportación. Rengo, Chile, Intituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 175.
- Faiguenbaum, H., 2003.** Labranza. Capítulo I. En: Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A. Santiago, Chile, p. 760.
- Fontaine, G. 1987.** Preparación de suelos. Capítulo I. En: Faiguenbaum, H., Producción de Cultivos en Chile. Cereales-Leguminosas e Industriales. Santiago. Publicitaria Torrelozones. Chile. 332 p.
- F.M.O, 1988.** Fundamentos de funcionamiento de maquinaria. Cultivo. Publicaciones de servicio John Deere. Illinois. USA.
- Guerrero, A., 1984.** Cultivos herbáceos extensivos. 6ª Edición. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 831 p.
- Ibañez, M. 1985.** Curso internacional de mecanización agrícola para extensionistas. Preparación de suelos para la siembra. Universidad de Concepción. Depto de Ingeniería Agrícola. Chillán. 89 pp.
- Ibañez, M., E. Hetz. 1980.** Arados de vertederas. Boletín Técnico N° 9. Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.
- Ibañez, M., y Hetz, E., 1996.** Arados cin-celes y subsoladores. Boletín de extensión N° 45. Depto de Mecanización y Energía. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán. Universidad de Concepción. Chillán. Chile. 43 pp.
- Montenegro, H y Malagon, D., 1990.** Propiedades físicas de los suelos. IGAC - Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico. Bogotá, Colombia. 813 pp.
- Ormeño, J.; y Carrasco, J., 1999.** El laboreo del suelo y su efecto sobre las malezas. Tierra Adentro N° 29. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Noviembre-Diciembre, p 40-43.
- Ortiz-Cañavate, J.; y Hernanz, J.L., 1989.** Técnica de la Mecanización Agraria. Ediciones Mundi Prensa, 3ª Edición. Madrid. España. 641 pp.
- Phillips, S. y Young, H., 1979.** Agricultura sin laboreo- labranza cero. Traducción castellana de la obra " No Tillage Farming. Editorial Hemisferio. Montevideo, Uruguay. 223 p.
- Riquelme, J. y Carrasco, J. 1991.** El arado cincel como conservador de suelos. Revista IPA La Platina N° 60. pp 16-18.
- Urbano Terrón P., 1992.** Tratado de Fitotecnia General. 2ª Edición. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 856 pp.

EL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO

Jorge Carrasco J. ⁽¹⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo,

Jorge García-Huidobro P. de A. ⁽²⁾

Ingeniero Agrónomo Ph. D.,

Francisco Valenzuela A. ⁽¹⁾

Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.

⁽¹⁾ INIA- Rayentué

⁽²⁾ INIA- La Platina

1. INTRODUCCIÓN

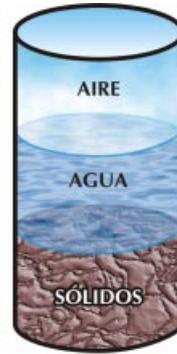
1.1. Concepto de suelo

El suelo debe ser considerado un ente vivo y sensible a la intervención que el hombre ejecuta sobre el. Es un sistema abierto y dinámico, que soporta la vida vegetal y por ende la agricultura. Está constituido por tres fases; Una *fase sólida* formada por los componentes inorgánicos, los minerales, y una fracción orgánica, compuesta por organismos vivos y residuos orgánicos en distinto grado de descomposición. La interacción entre la fracción orgánica y la fracción mineral se traduce, de acuerdo a las propiedades de cada uno de ellos en aglomerados o agregados, cuyo tamaño y forma varían considerablemente, dejando un espacio entre ellos (poros, galerías, y grietas en el que se encuentra la *fase líquida* y la *gaseosa* (**Foto 1**), este espacio se denomina el espacio poroso del suelo (Porta *et al.*, 1994).

Una parte del volumen de este espacio poroso está ocupado por agua, componente de la fase líquida, que contiene diversas sustancias en solución y el resto por aire, que constituye la fase gaseosa o atmósfera del suelo (Porta *et al.*, 1994).

Foto 1.

Fases que constituyen el suelo, en este caso representadas en un agregado o "terrón", el cual está formado por sólidos, agua, y aire.



Los factores principales que influyen en la formación de los suelos son: el clima (insolación, precipitaciones, temperatura y viento), los organismos vivos, el relieve, la roca madre originaria y el tiempo. A estos factores se puede agregar la intervención del hombre, con sus actividades agrícolas, pecuarias, forestales, entre otros, lo cual ha influido, más que en la formación de suelos en el tiempo, si no que en su destrucción.

Numerosos procesos físicos, químicos y biológicos actúan simultáneamente para mejorar o empobrecer la condición del suelo y las funciones que éste desempeña en beneficio de las plantas que crecen en él. Entre las funciones de mayor importancia del suelo están (Narro, E. 1994):

- Anclaje para las raíces y soporte mecánico para el follaje.
- Suministro de agua y nutrientes para las plantas.
- Suministro de oxígeno a las raíces y elimina el dióxido de carbono producido.
- Transporta el calor y proporciona una temperatura adecuada para el desarrollo de las raíces, germinación de semillas, entre otros.
- Desnaturalización de productos orgánicos tóxicos (degradación de herbicidas) y adsorción componentes orgánicos impidiendo su movilidad.

2. DEGRADACIÓN DEL SUELO

La degradación del suelo es el resultado de todas aquellas acciones que conducen a la pérdida de la naturaleza y propiedades del mismo. Se produce por erosión ya sea hídrica o eólica, por salinización, por alcalinización, pérdida de nutrientes por lavado, o bien, por compactación. Factores todos, que llevan finalmente a la degradación biológica pérdida de la “vida” del suelo y son los responsables de la disminución de su capacidad productiva.

Según Lal y Stewart (1990), se distinguen tres tipos principales de degradación, los cuales incluyen distintos procesos:

a. Degradación del medio químico

- Disminución de la fertilidad.
- Desequilibrio elemental.
- Acidificación.
- Salinización y Sodificación.
- Acumulación de compuestos tóxicos.

b. Degradación del medio biológico.

- Disminución en la materia orgánica del suelo.
- Reducción de la macro y microfauna del suelo.
- Reducción de la microflora.

c. Degradación del medio físico.

- Erosión.
 - Erosión hídrica.
 - Erosión eólica.
- Desertificación.
- Compactación y formación de capas endurecidas.

2.1. Degradación del medio químico del suelo

La degradación del medio químico del suelo, es un proceso que modifica las propiedades químicas del mismo. Tales como una modificación del pH, un aumento de este, alcalinización; o bien su disminu-

ción (acidificación), disminución en el contenido de nutrientes, aumentos de la concentración salina, entre otros. Estos cambios en las propiedades químicas normalmente afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. También, pueden afectar la vida microbiana del suelo la que se traduce en la incapacidad del suelo de metabolizar sustancias ajenas al mismo, lo que conduce a su intoxicación, producto de la adición de sustancias extrañas, lo que constituye un caso claro de contaminación.

2.2. Degradación del medio biológico del suelo

Se habla de degradación biológica, cuando se produce una disminución de la materia orgánica incorporada. Esta reducción en los niveles de materia orgánica, genera una reducción en la actividad microbiana, que incluye la macro y micro fauna del suelo, además de la microflora, lombrices, entre otros (Carrasco, 2003). La degradación biológica, está íntimamente relacionada con la degradación química, porque una reducción y desequilibrio en los niveles de materia orgánica, produce una reducción en los niveles de nutrientes del suelo.

2.3. Degradación del medio físico del suelo

La degradación del medio físico se refiere al deterioro de las propiedades físicas, principalmente la estructura, como consecuencia del mal manejo del suelo con la labranza. Por efecto de la compactación se produce aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad. Un exceso en labores aumenta la pérdida de materia orgánica lo que conlleva la pérdida de estabilidad estructural, que a su vez se traduce en erosión, y finalmente desertificación.

Pérez, J. (1992) señala que degradación del suelo se produce en tres etapas:

Etapas 1. Las características originales del suelo son destruidas gradualmente. La degradación es poco perceptible debido a la poca intensidad de los procesos y al mantenimiento de la productividad por el uso de fertilizantes.

Etapa 2. Se producen pérdidas acentuadas de la materia orgánica, con fuerte daño de la estructura (colapso estructural). Se produce compactación subsuperficial que impide la infiltración del agua y la penetración de raíces. De esta forma, la erosión se acentúa y los cultivos responden menos eficientemente a la aplicación de fertilizantes.

Etapa 3. El suelo está intensamente dañado, con gran colapso del espacio poroso. La erosión es acelerada y hay dificultad de operación de la maquinaria agrícola. La productividad cae a niveles mínimos. El tiempo para llegar a esa tercera etapa de degradación, depende de la intensidad de uso de prácticas inadecuadas de labranza y manejo, de la pendiente de las tierras, de la textura del suelo y de la resistencia del suelo a la erosión hídrica.

Una forma drástica de producir una degradación del suelo, es a través de la quema de rastrojos, práctica que por años han venido desarrollando los agricultores, productores de cereales, que no manejan en forma conservacionista el suelo (**Foto 2**). Según Sánchez-Girón (1996), una forma de mejorar la estructura del suelo, es manteniendo e incorporando los restos de cosecha sin quemarlos.

Según Acevedo y Silva (2003a), los rastrojos en el suelo, mejoran la estructura y estabilidad de agregados, aportan elementos nutritivos a las plantas y mejoran la fertilidad del suelo a través de su descomposición, favorecen la infiltración del agua, y evitan el encostramiento superficial, entre otras ventajas.

Foto 2.
Quema de rastrojos de trigo, práctica que reduce materia orgánica y nutrientes del suelo, facilitando con ello su degradación.



En Chile, en forma tradicional se ha realizado quema de los rastrojos del cultivo anterior, labranza con inversión de suelo y rastrajes, incluso en suelos con alta pendiente. Esta práctica de labranza, que es tradicional, ha provocado pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica, encontrándose actualmente unas 11,5 millones de hectáreas con grado de erosión grave y muy grave (Acevedo, E., y Silva, P., 2003b).

2.4. La erosión del suelo

La erosión del suelo se define como “una pérdida gradual del material que constituye el suelo, al ser arrastradas por el agua o el viento las partículas que lo forman (disgregadas, arrancadas y transportadas), a medida que van quedando en superficie” (Porta *et al.*, 1994). Existen factores naturales que potencian esta situación, como es el caso de la topografía de lomajes, cerros y montañas que se extiende por la mayor parte de nuestro territorio. Sin embargo, el hombre siempre ha contribuido a acelerar los procesos erosivos naturales, de la siguiente forma:

- La deforestación, y particularmente aquella donde no hay replante inmediato de especies forestales.
- El mal uso de la capacidad del suelo, como plantaciones de viñedos y siembras en terrenos de laderas de capacidad de uso no agrícola.
- El sobre pastoreo, que incide en la reducción de la cobertura vegetal, y pisoteo excesivo del suelo (compactación).
- La sobre explotación de la vegetación natural para uso doméstico, como producción de carbón y leña.
- Las prácticas inadecuadas de manejo de suelos, que incluye la labranza convencional, y el no uso de técnicas de manejo conservacionista de suelos.

2.4.1. Erosión hídrica

El impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo, provoca la desintegración de los aglomerados del suelo en las partículas primarias

(limo, arcilla y arena) las que , forman un sello superficial que disminuye la capacidad de infiltración del suelo. Si la precipitación es mayor que la tasa de infiltración de agua, se produce escurrimiento superficial la que arrastra primero a las partículas mas finas y al aumentar la velocidad del agua las más gruesas producen surcos y zanjas en las partes altas y acumulación de sedimentos en las partes bajas. Como ejemplo de esta situación, mediante el empleo de simuladores de lluvia, se constató que haciendo variar el tamaño de la gota de 1 a 5 mm de diámetro, la infiltración decreció en un 70%, y la concentración de partículas de suelo arrastradas por erosión, se incrementó cerca de un 1.200% (Peralta, J.M., 1993).

Después de una fuerte lluvia, si el agua que corre sobre laderas y quebradas es de color café oscuro, es evidente que se está ante un proceso erosivo, que paulatinamente va perdiendo el suelo de su capa superficial y reduciendo su fertilidad. En casos de procesos graves de erosión, la roca madre queda totalmente desnuda. Por lo tanto, en la secuencia erosiva, se reconocen tres procesos claros y definidos:

- Las partículas se sueltan de la masa del suelo.
- Las partículas son transportadas.
- El material es depositado y los agentes erosivos que actúan conjuntamente son las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial (Peralta, J.M., 1993).

3. ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO DE IMPORTANCIA PARA LA AGRICULTURA

3.1. Materia orgánica

Algunos autores, definen a la materia orgánica como “una mezcla de todos los compuestos orgánicos, exceptuando los organismos vivos (animales o vegetales), que en ella se encuentran, y que se diferencian por el nivel de degradación, la estructura, la composición y la estabilidad” (Fortun, 1988). La materia orgánica está presente en todos los suelos, y el importante papel que desempeña en las propiedades físicas, químicas

cas y biológicas de los mismos, justifican la incorporación de una revisión sobre la relevancia de ella en este documento.

La materia orgánica fresca, al descomponerse, da origen al *humus*, por lo tanto constituye la materia prima de éste, y está formada por restos vegetales y animales de toda naturaleza, La materia orgánica se origina de los seres vivos (plantas y animales), e interviene de forma activa en la formación de suelo, condicionando su comportamiento en relación al crecimiento de las plantas y microorganismos, influyendo en el movimiento y almacenamiento de agua, intercambio catiónico, y constituyendo una fuente de nutrientes que se superponen al suelo mineral o se incorporan a él (cultivos), entre otros aspectos (Porta *et al.*, 1994). El efecto del humus en el suelo juega un papel fundamental, mejorando la capacidad de retención del agua e incrementando la permeabilidad. Puede aumentar la disponibilidad de micro nutrientes para las plantas, permite el intercambio gaseoso, mejora la estructura y con ello la capacidad de retención de agua del suelo, e incrementa la resistencia del suelo a la erosión (Stevenson, 1982).

La materia orgánica, forma parte del ciclo de los nutrientes del suelo, tales como nitrógeno, azufre y fósforo . Además, proporciona un sustrato ideal para el desarrollo de microorganismos (hongos, bacterias, y otros), cuya actividad resulta beneficiosa para los cultivos.

Porta *et al.*, (1994), indican que la materia orgánica se origina de los componentes orgánicos del suelo, que proceden de:

- La acumulación de restos y residuos de plantas y animales. Incluye Biomasa senescente incorporada de forma natural al suelo, en cualquier ecosistema, además de enmiendas orgánicas de origen biológico, aportados por el hombre en los agrosistemas (abonos verdes, guanos, restos de cosechas, entre otros).
- Productos xenobióticos, que son aquellos de carácter orgánico resultante de síntesis industrial: los más frecuentes incorporados al suelo son los pesticidas, lo que confiere una extraordinaria estabilidad a los productos resultantes. Entre ellos, se encuentran algunos tipos de plaguicidas orgánicos, como insecticidas, nematicidas, y fungicidas.

- La descomposición de los tejidos orgánicos, por acción mecánica de la fauna y microorganismos.
- La degradación o descomposición de moléculas orgánicas complejas a compuestos orgánicos más sencillos, que si tiene lugar con intervención de los microorganismos, se denomina biodegradación.
- La reorganización de algunos productos de la degradación, con síntesis microbiana de nuevos componentes orgánicos.

El contenido de materia orgánica no es una limitante estricta en el desarrollo de la fruticultura, pudiendo realizarse plantaciones en suelos con escaso contenido de ella, como se realiza en algunos lugares de Israel y España (Hirzel, 2008), y en los valles transversales de Azapa y Lluta, Región de Arica y Parinacota, y valles del Copiapó y del Huasco, Región de Atacama. Sin embargo, se sugiere que este contenido sea el mayor posible, que se traducirá en una mayor fertilidad física, química y biológica del suelo, y una mejor condición futura del huerto (Hirzel, 2008).

3.2. Textura

Se define como, la proporción de elementos del suelo, clasificados por categorías en función de su tamaño, una vez destruidos los agregados. La determinación de la textura de un suelo, es decir, de sus componentes, arcilla, arena y limo, nos permite conocer diversas propiedades físicas del suelo (USDA, 1975). La distribución proporcional de los diferentes tamaños de estas partículas minerales, determina la textura de un determinado suelo.

Desagregando una muestra de suelo mineral en la palma de la mano, se puede percibir que ella está compuesta por partículas sólidas, predominantemente de naturaleza mineral de diversos tamaños. Por su diámetro, esas partículas son clasificadas como fracciones granulométricas o fracciones texturales que incluye a la arena, limo, y arcilla que componen una fracción de tierra fina (menor que 2 mm de diámetro), o como clastos o piedras de distintos tamaños, que son las fracciones más gruesas del suelo (mayor a 2 mm) (Schneider *et al.*, 2007).

Los materiales minerales del suelo, provienen de las rocas pulverizadas progresivamente por acción del agua y del frío. Cada uno tiene su propia constitución mineralógica, y la proporción en que ellos se encuentren en un suelo, definen la textura del mismo. El porcentaje de arena, limo y arcilla que posea un suelo, se denomina *clase textural*, y es el nombre que recibe la textura (Porta *et al.*, 1994).

Las arenas se caracterizan por tener partículas grandes (0,05 a 2 milímetros), el limo medianas (0,002 a 0,05 mm), y las arcillas muy finas (menor a 0,002 milímetros) (USDA, 1975). La proporción de estas partículas en el suelo, determinan la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas.

Los suelos arenosos, conocidos también como “livianos”, son los que contienen mayor proporción de arena, retienen poca agua, y por lo tanto, se secan rápidamente. Son suelos con buena porosidad y con buen drenaje. Las raíces de las plantas penetran con facilidad, pero no encuentran los nutrientes suficientes, ya que estos suelos, en general, se caracterizan por ser bastante pobres en elementos minerales, lo cual obliga temporada a temporada la aplicación de nutrientes a los cultivos establecido, y además incorporar materia orgánica al suelo.

Los suelos limosos, poseen mayor proporción de limo. Sus cualidades de retención de agua, soltura y riqueza mineral, son intermedias entre las de los suelos arenosos y la de los arcillosos.

Generalmente los suelos adecuados para los cultivos, son aquellos en que no predomina una u otra fracción. Por ejemplo, los suelos francos son los que contienen proporciones similares de arena, limo y arcilla. Por lo tanto, como existe un equilibrio en sus características, son los más aptos para uso agrícola.

Los suelos que contienen mayor cantidad de arcilla, poseen poco espacio entre partículas, ya que éstas son de tamaño muy pequeño, y por lo tanto, el agua, el aire y las raíces penetran con dificultad (**Figura 1**). Estos suelos son clasificados “pesados”, porque son más difíciles de manejar, cuando no se trabaja con la humedad adecuada. Sin embargo, los suelos con alto contenido de arcilla, suelen ser ricos en nutrientes, por su alta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C).

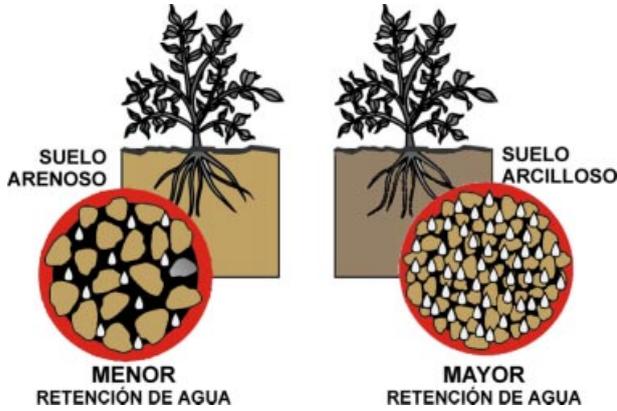


Figura 1. Comparación de la capacidad de infiltración de agua de un suelo arenoso con uno arcilloso.

Las limitantes nutricionales están en estrecha relación con la textura del suelo, puesto que, en la medida que aumenta la fracción fina (partículas sólidas de menor granulometría), aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la capacidad de intercambio aniónico (CIA), con lo cual aumenta la capacidad nutricional del suelo (Hirzel, 2008). De acuerdo a lo anterior, es difícil encontrar en la zona central de Chile suelos de textura gruesa (franco arenosos a arenosos), que en forma natural (sin la formación de horizontes antrópicos o generados por el hombre), presenten un alto contenido de cationes, como también es poco probable contar con suelos que posean una alta presencia de arcillas expandibles, y que presenten bajo contenido de bases (Ca y Mg, principalmente (Hirzel, 2008).

El procedimiento analítico mediante el cual se determina la textura de suelo, donde se separan las partículas de una muestra de suelo se le llama análisis textural, que consiste en determinar la distribución porcentual del tamaño de las partículas. Este análisis proporciona información del porcentaje de arena, limo, y arcilla, permitiendo a su vez establecer antecedentes para inferir otras propiedades del suelo, como capacidad de retención de agua disponible para las plantas, riesgos de erosión eólica e hídrica, capacidad para almacenamiento de nutrientes, facilidad para el laboreo (Porta *et al.*, 1994), y parámetros de las propiedades físicas del suelo, como la permeabilidad, retención del agua, plasticidad, y aireación, entre otros.

3.2.1. Clases de texturas

Las clases texturales o granulometría, expresa las proporciones relativas de las distintas partículas minerales, inferiores a 2 mm, agrupadas, tras la destrucción de los agregados, por clases de tamaños en fracciones granulométricas (Porta *et al.*, 1994).

Los nombres de las clases texturales o granulometría, se utilizan para identificar grupos de suelos con mezclas parecidas de partículas minerales. Los suelos minerales pueden agruparse de manera general, en tres clases texturales que son: las arenas, los limos y las arcillas. Se utiliza una combinación de estos nombres para indicar los grados intermedios, según el triángulo textural de la **Figura 2**. Por ejemplo, la *textura arenosa* contienen un 70 % o más de partículas de arena, los *areno-francoso* contiene de 15 a 30 % de limo y arcilla. Los *suelos arcillosos* contienen más del 40 % de partículas de arcilla y pueden contener hasta 45 % de arena y hasta 40 % de limo, y se clasifican como *arcillo-arenosos* o *arcillo-limosos*. Las *texturas francas* constan de diversos grupos de partículas de arena, limo y arcilla y varían desde *franco-arenosa* hasta *franco-arcillosa*. Sin embargo, aparentan tener proporciones aproximadamente iguales de cada fracción.

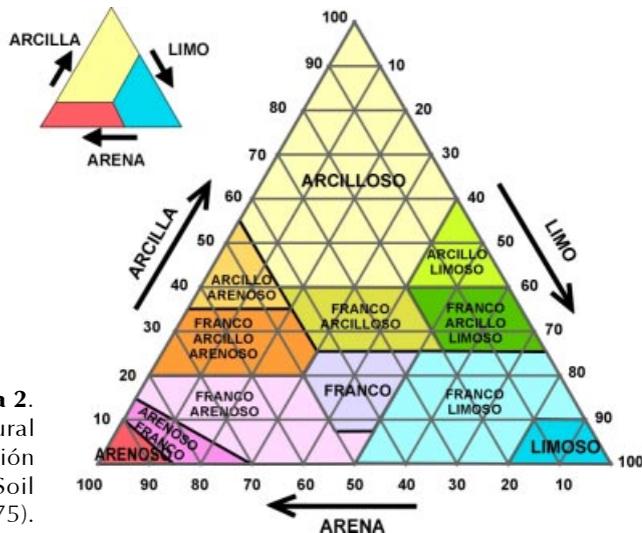


Figura 2. Triángulo textural según clasificación del USDA (SSS, Soil Taxonomy, 1975).

3.3. Estructura del suelo

Bullok y Murphy (1980) definen la estructura como “la disposición espacial de las partículas primarias y poros, incluyendo el tamaño, forma y disposición de algunos agregados y los poros entre agregados”. Narro (1994), la define como “la manera en que sus partículas primarias (arena, limo y arcilla) están ensambladas formando agregados, es decir unidades mayores con planos débiles entre sí” (Dexter, 1988; Pérez, J. 1992).

La estructura del suelo es una de las propiedades importantes que afectan a la producción de los cultivos, porque influye en la profundidad a la cual las raíces pueden penetrar, en el volumen de agua que se puede acumular y en el movimiento del agua, en el aire y los nutrientes, como también, en la fauna del suelo (Bullock y Murphy, 1980). Las especies frutales, no son la excepción, porque la producción, entre otros, depende del movimiento de agua, del aire, y de los nutrientes a nivel de las raíces.

Greenland y Hayes (1978), definen la estructura del suelo como la asociación de partículas en agregados, que dan origen a poros que contienen aire y agua, clasificados como: a) poros de transmisión, con diámetros cilíndricos equivalentes, mayores a 50 mm que permiten el libre movimiento del aire y el drenaje del exceso de agua, y b) poros de almacenamiento, con diámetros de 0,5 a 50 mm, que retienen el agua y la liberan a las raíces de las plantas.

Para que exista estructura, se requiere del proceso de agregación, que es el acercamiento y unión de las partículas de suelo, por medio de agentes y elementos aglutinantes, tales como la materia orgánica.

La estructura considera tres aspectos:

- a. Forma, que se refiere al tipo de estructura formada, que puede ser laminar, prismática columnar, de bloque, subangular o granular.
- b. Tamaño, que puede ser muy fino, fino, medio, grueso, o muy grueso.
- c. Grado o nitidez, que considera la dificultad de observar a simple vista la formación de la estructura como unidad.

Una buena estructura del suelo es importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, porque permite una buena aireación, necesaria para el desarrollo normal de las raíces, facilita el almacenaje del agua en los espacios porosos y evita la compactación superficial y encostramiento del suelo. Por lo tanto, es deseable un buen grado de estructura, para la obtención de mejores producciones agrícolas.

3.3.1. Estructura y su importancia en el manejo del suelo

La importancia fundamental de la estructura del suelo en la actividad agrícola es la de determinar el nivel de compactación, tanto en la capa arable como en el subsuelo (Davies *et al.*, 1987). La estructura es una de las características físicas del suelo de mayor importancia agrícola, sin embargo, es una de las menos entendidas, escasamente descrita y mal manejada. El tránsito de los equipos y máquinas de laboreo presenta un efecto directo sobre la estructura del suelo, destruyendo los agregados y aumentando la compactación por un efecto de presión sobre éste, que se traduce en incrementos de la densidad aparente y disminución de la porosidad (Greenland, 1981; Blevins *et al.*, 1983; Dexter, 1988; Unger, 1990; Pérez, 1992). Señalan además, que el deterioro de la estructura en los suelos agrícolas, es consecuencia del laboreo con arados y rastras.

Un aumento de la estructura y agregación del suelo está relacionado con el contenido de materia orgánica (Douglas y Goss, 1982). Pérez (1992) lo confirmó, y lo atribuye a varios factores que incluyen materia orgánica, contenido en óxidos de hierro y aluminio, y además de arcillas.

En la formación de la estructura del suelo están involucrados procesos abióticos y bióticos (Chan y Heenan, 1996), siendo los procesos bióticos particularmente importantes en los procesos de la estabilidad estructural del mismo. Reid y Goss (1981) señalan que las plantas pueden modificar la estructura del suelo, afectando a su formación y su estabilización, fundamentalmente por las diferentes propiedades que poseen las plantas para producir material estabilizante en la rizósfera, como algunos polímeros que aglutinan partículas de suelo.

La estructura, es una de las características físicas del suelo de mayor importancia agrícola. En los suelos agrícolas, el tráfico o paso de los equipos y máquinas de labranza, durante la preparación del terreno o tratamientos posteriores -ya sea de control mecánico de malezas, aplicación de productos químicos, cosecha mecanizada, entre otros-, produce un efecto directo que destruye los agregados, y la estructura. Además, la presión que se ejerce sobre el suelo, aumenta la compactación, que se traduce en incrementos de la densidad aparente, provocando con ello una disminución de la porosidad.

3.4. Compactación de suelos y formación de capas endurecidas

El concepto “compactación de suelo”, ha sido descrito por diversos autores y se define como “el proceso por el cual las partículas del suelo se reorganizan para disminuir el espacio poroso, produciéndose un contacto más estrecho entre sí, lo que aumenta la densidad aparente” (Soil Science Society of America, 1996), y se relaciona con los agregados del suelo, ya que altera la disposición espacial, tamaño y forma de ellos, como de los “terrones”, y consecuentemente los espacios porosos, tanto dentro como entre estas mismas unidades (Defossez y Richard, 2002).

Desde un punto agrícola, un suelo está compactado cuando se rompe el equilibrio entre las unidades estructurales, cuando se produce un quiebre en la estabilidad de las mismas y su porosidad, lo que origina una condición de volumen total de poros, en relación al volumen total del suelo no adecuado para asegurar el buen desarrollo del cultivo (Carrasco, 2008).

En un contexto agronómico, un suelo se considera compactado cuando la porosidad total es baja y sin aireación, con una densidad aparente alta y poros pequeños, que impiden la penetración de las raíces de los cultivos y drenaje del suelo (Carrasco, 2008). Al limitar la penetración de las raíces, afecta seriamente la habilidad de las plantas para absorber agua del subsuelo, particularmente en las regiones semiáridas y de secano.

La compactación determina un aumento de la densidad aparente y con ello un menor espacio poroso. Esto trae como consecuencia, una disminución en la concentración de oxígeno y un incremento en la concen-

tracción de anhídrido carbónico (CO_2) en torno al sistema de raíces. Este aspecto es muy importante, ya que si el nivel de oxígeno baja a un 5% el crecimiento puede llegar a detenerse (Carrasco y García Huidobro, 1998).

Existen dos tipos principales de compactación: la de origen genético, y la originada por el tránsito del tractor y la maquinaria agrícola. El primero, resulta de una acción lenta y continua de los procesos de formación y estructuración del suelo, que toma cientos, e incluso miles de años, formándose finalmente un horizonte que impide la penetración de raíces y agua, denominada por algunos autores como “duripan” o “fragipan”.

El segundo tipo de compactación, tiene una causa diferente. El horizonte de impedimento, conocido como “pie de arado”, es consecuencia de tres fuerzas que actúan sobre el suelo: gravedad, lluvia y, especialmente tránsito de maquinaria y animales. Este horizonte endurecido, alcanza su grado de compactación más alto al nivel de la profundidad de trabajo de los arados y rastras (ver capítulo 1). Es decir, la compactación se produce, principalmente, por el “tránsito” de tractores e implementos de laboreo removiendo suelo.

Dexter (1988) señala que el paso sistemático del tractor y los equipos de laboreo, producen la formación de un “pie de arado”, a una cierta profundidad en el perfil del suelo, lo que impide el desarrollo de las raíces (**Foto 3**).

Una de las principales causas de la compactación de los suelos durante el período de crecimiento del cultivo, es la rueda de los tractores agrícolas, que ejerce altas presiones (concentradas superfi-



Foto 3. Pared de una calicata que muestra pie de arado o compactación subsuperficial a partir de los 20 a 25 cm de profundidad.

cialmente) sobre el suelo y que se transmiten a través del perfil causando la compactación en el subsuelo (**Figura 3**) (Florentino, 1989; Montenegro y Malagón, 1990).

Se ha comprobado que el efecto del tráfico de la maquinaria sobre el suelo, aumenta la densidad volumétrica y la resistencia al esfuerzo cortante, y disminuye la porosidad y permeabilidad al aire y agua, y por lo tanto, aumenta el agua que escurre superficialmente sobre el suelo, favoreciendo con ello la erosión.

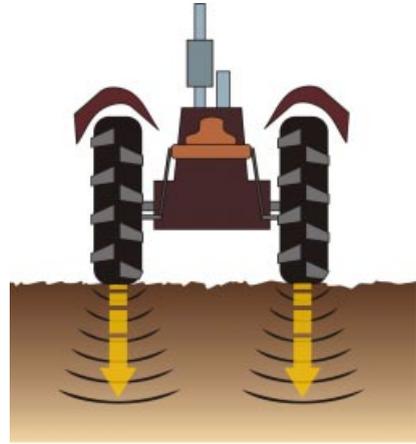


Figura 3. Compactación de suelo por acción de las ruedas del tractor.

La mayor parte de la compactación, es decir hasta un 90 por ciento del incremento total de la densidad aparente, se produce con la primera pasada de las ruedas). No obstante, la respuesta del suelo dependerá de su resistencia a la compactación y de la distribución de ella en profundidad (Sánchez-Girón, 1996).

Los suelos sueltos, recién arados y rastreados, se compactan más con la primera pasada de las ruedas de los tractores y equipos de arrastre, que con las siguientes, mientras que los suelos ligeramente consolidados, se compactan por igual en cada pasada. En algunos casos esto puede ser una ventaja, como por ejemplo en el caso de los suelos derivados de cenizas volcánicas, que son bastante esponjosos, requieren de algún grado de compactación para facilitar su cohesión, particularmente después de la siembra de un cereal o de una forrajera. Sin embargo, en suelos arcillosos y cultivos sensibles, una sola pasada de ruedas puede compactar el suelo hasta un nivel que afecte el desarrollo del cultivo.

El número de labores realizadas con un equipo motriz en un suelo, durante una temporada de manejo de un huerto frutal o viñedo, varía

considerablemente, registrándose en algunos casos más de veinte pasadas entre las hileras de frutales y, por lo general, con las ruedas circulando sobre el 90 % por la misma área del terreno (Carrasco, J., 2000).

Se ha comprobado que el efecto del tráfico de la maquinaria sobre el suelo, aumenta la densidad volumétrica y la resistencia al esfuerzo cortante, disminuyendo también la porosidad y la permeabilidad al aire y agua (Florentino, 1989). En la producción de un frutal, los principales problemas de compactación se originan por el uso de la maquinaria y los equipos para el laboreo del suelo entre las hileras (fuerzas mecánicas aplicadas desde el exterior), que incluye al tractor y rastras de discos, tractor y equipos de arrastre, como nebulizadores y carros cosecheros. En general, todo tipo de labores mecanizadas entre las hileras de los frutales, compacta el suelo en mayor o menor grado, y más aún si el suelo se encuentra húmedo.

En suelos plantados con frutales, un manejo entre las hileras de los mismos, realizado con rastra de discos, van generando en el año períodos de esponjamiento y de compactación en el suelo. La labor de rastraje con discos, tipo off-set, compacta inevitablemente el suelo, tanto por la propia acción del equipo como por el peso del tractor sobre el terreno (Carrasco y Ormeño, 1994; Carrasco, J. 2000).

Los efectos de cada una de las labores, se evalúan a través de diferentes parámetros de medición, que expresan la magnitud de la compactación. Entre ellos los más comunes son: la densidad aparente; el espacio poroso total, que incluye el tamaño (micro y macroporosidad); la resistencia mecánica del suelo a la penetración; estabilidad estructural; el flujo del agua en el perfil, que incluye la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica, la curva característica de retención de humedad y tasa de difusión de oxígeno (permeabilidad al aire), generando también cambios físico, químicos, y biológicos en el suelo, que se traducen en rendimientos en los cultivos (Unger, 1990; Lal, 1991; López-Fando, 1991; Sánchez-Girón, 1996; Faiguenbaum, 2003; Carrasco, 2008).

Florentino (1989), señala que en un contexto agronómico, un suelo se considera compactado, cuando la porosidad total es baja y ha dismi-

nuido su aireación, con una densidad aparente alta y poros pequeños, que impiden la penetración de las raíces de las plantas y el movimiento del agua en el suelo (**Foto 4**). La compactación limita la penetración de las raíces, impidiendo a las plantas la absorción del agua del subsuelo (Florentino, 1989; Unger, 1990).



Foto 4. Suelo compactado entre las hileras de una plantación de ciruelo japonés. Se observa agua acumulada sin infiltrar en el suelo. Sector Agua Buena, San Fernando, Región de O'Higgins.

Observaciones detalladas utilizando técnicas microscópicas en muestras de suelo compactado, revelan una notable reducción en el número y tamaño de los macroporos, así como un cambio en la forma y continuidad del espacio poroso total (Soane *et al.*, 1981).

El suelo puede aumentar su daño por compactación, cuando el contenido de humedad es alto. Por sobre el contenido óptimo de humedad para la labranza del suelo (estado friable), la compactación aumenta, dado que los poros más grandes se han llenado parcialmente con agua, y su volumen es más alterable.

Por otra parte, los suelos secos son difíciles de compactar. No obstante, a medida que aumenta el contenido de humedad, éstos se compactan más fácilmente hasta que alcanzan un cierto contenido de humedad, donde los poros del suelo están llenos de agua, siendo su volumen menos alterable de la energía de compactación que se aplica con los implementos de labranza. Aumentos en el contenido de humedad de

un 2-3 %, influyen considerablemente sobre el deterioro físico que recibe el suelo (Davies *et al.*, 1987)

Numerosos investigadores concuerdan que la compactación de los suelos agrícolas produce aumentos en la densidad aparente, resistencia mecánica del suelo, y disminución de la permeabilidad al agua y al aire, generando también cambios en el curso de los procesos físico-químicos y biológicos que se traducen en una disminución del rendimiento de los cultivos (Lal, 1991; Unger, 1990; López-Fando, 1991; y Sánchez-Girón, 1996).

Todo suelo labrado, se encuentra sometido a un ciclo anual, en el que se alternan los períodos de esponjamiento con los de compactación. Toda labor que se realice con arados de tipo convencional (disco o vertedera) o rastra de discos, inevitablemente compactará el suelo, tanto por la propia acción del equipo, como por el peso del tractor sobre el terreno.

4. CONSIDERACIONES. EL SUELO Y USO DE ARADOS

Las propiedades físicas del suelo, como la textura, no varían con los cambios de humedad del suelo. Pero existen otras propiedades, que denominamos dinámicas, las cuales dependiendo del contenido de humedad del suelo, presentan comportamientos diferentes.

Normalmente, se reconocen cuatro estados denominados de consistencia de suelo y que está relacionado con el manejo que se pueda efectuar con la maquinaria. Cuando el suelo está seco presenta una consistencia denominada cementado, que se manifiesta cuando el suelo resiste el corte de los implementos de labranza. Si éste se rompe, se generan grandes terrones, que dificultan posteriormente otro tipo de labores. Normalmente se recomienda este estado sólo para trabajos de subsolado con maquinaria pesada, ya que poseen mayor potencia para la labor en suelo seco, donde las grietas que se generan bajo el suelo son de mayor amplitud.

Una vez que el suelo adquiere mayor humedad, pasa de cementado a friable. Esta consistencia es la deseable para la labranza, ya que el suelo se rompe con menor requerimiento de fuerza y se puede disminuir el tamaño de los agregados del suelo con menor dificultad.

Si el suelo recibe más humedad, pasa a una consistencia plástica, en que el trabajo de los arados permite cortar el suelo pero éste no se disgrega y tiende a pegarse en las herramientas. Además, no es un piso adecuado para el tránsito del tractor, porque presenta una menor resistencia a la compactación generada por la ruedas del tractor. El suelo, al ser arado con vertedera, se corta en largos “prismas”, que al secarse con el viento, generan grandes terrones, de ahí la importancia de rastrear en forma inmediata, para evitar lo anterior.

Si continúa aumentando la humedad del suelo, éste pasa a una consistencia líquida, comportándose entonces como un fluido. Esta consistencia, sólo se utiliza para labores de fanguéo en el establecimiento del cultivo del arroz.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. y Silva, P. 2003a.** Cero Labranza. En: E. Acevedo y P. Silva. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas N° 10. 118 p.
- Acevedo, E. y Silva, P. 2003b.** Rastrojos y su manejo. En: E. Acevedo y P. Silva. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas N° 10. 118 p.
- Blevins, R. L., M.S. Smith, G.W. Thomas and W.W. Frye. 1983.** Influence of conservation tillage on soil properties. J. Soil Water Cons. 38:301-305.
- Bullock, P., and C.P. Murphy. 1980.** Towards the quantification of soil structure. En: J. Microscopy (120) 3:317-328.
- Carrasco, J.; y García-Huidobro, J. 1998.** Equipos de labranza. Los problemas de la labranza y los equipos. Tierra Adentro n° 20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Mayo-Junio, p. 24-28.
- Carrasco, J. y Ormeño, J. 1994.** Capítulo: Manejo de suelos y maquinaria agrícola. En: Lemus, G. (ed.) El duraznero en Chile. Editorial los Andes. Santiago 1993. pp 285-308

- Carrasco, J. 2000.** Laboreo del suelo. En: Valenzuela, J. (ed.) Uva de mesa en Chile. Libros INIA N° 5. pp 167-176. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile.
- Carrasco, J. 2003.** El suelo y la erosión. En: Carrasco, J.; y Riquelme, J.(eds). Métodos y prácticas de conservación de suelos y aguas. Boletín INIA N° 103. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional Rautau. San Fernando, 23-43 p.
- Carrasco, J., 2008.** Propiedades físicas del suelo y su relación con la productividad de frutales y vides. En: Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. 296 p. Colección libros INIA N° 24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. pp 13-47.
- Chan, K.Y., and D.P. Heenan. 1996.** The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil Tillage Res.* 37:113-125.
- Defossez, P., Richard, G., 2002.** Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. *Soil Tillage Res.* 67, 41-64
- Davies, B., D. Eagle, Y B. Finney. 1987.** Manejo del suelo. Traducción del original "Soil management". Editorial el Ateneo. Buenos Aires, Argentina, 228 p.
- Dexter, A. R. 1988.** Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.*11:199-238.
- Douglas, J.T. and M.J. Goss. 1982.** Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil Tillage Res.* 2:75-155.
- Faugenbaum, H., 2003.** Labranza. Capítulo I. En: Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A. Santiago, Chile, p. 760
- Florentino, A. 1989.** Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en los suelos representativos de la colonia agrícola de Turen (estado Portuguesa). Su incidencia Agronómica. Tesis Doctoral Universidad Central, Venezuela. 207 p.
- Fortun, A. 1988.** Estudio del efecto de la materia orgánica humificada en la formación y estabilización de los agregados del suelo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Madrid, España. 234 p.
- Greenland, D.J., and M.H.B. Hayes. 1978.** Soils and soil chemistry. In: The chemistry of soil constituents. Wiley. Chichester and New York. pp.1-27.
- Greenland, D.J. 1981.** Soil management and soil degradation. *J. Soil Sci.* 32:301-322.
- Hirzel, J., 2008.** El suelo como fuente nutricional. En: Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. 296 p. Colección libros INIA N° 24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. pp 51-83.

- Lal, R., and B.A. Stewart. 1990.** Soil degradation. A global threat. *Adv. Soil Sci.* 11:XIII-XVII.
- Lal, R. 1991.** Tillage and agricultural sustainability. *Soil Tillage Res.* 20:133-146.
- Lopez-Fando, C. 1991.** Degradación de un xeralf sometido a distintas técnicas agrícolas. Tesis Doctoral. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España, 223 p.
- Montenegro, H., Y D. Malagon. 1990.** Propiedades físicas de los suelos. IGAC Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico. Bogotá, Colombia. 813 p.
- Narro, E. 1994.** Física de suelos, con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México. 193 p.
- Peralta, J.M., 1993.** Agentes Erosivos y Tipos de Erosión. En: "Tecnologías de conservación de suelos y aguas". Programa de Capacitación a Agentes de Extensión. INIA-Serie Platina N° 46. Santiago. Chile.pp 14-81.
- Pérez, J. 1992.** Estudio de la estabilidad estructural del suelo en relación con el complejo de cambio (comportamiento de algunos suelos característicos españoles). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España, 462 p
- Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C., 1994.** Edafología. Para la agricultura y medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 807 pp.
- Reid, J. B., and M.J. Goss. 1981.** Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. *J. Soil Sci.* 32:521-541.
- Sánchez-Giron, V. 1996.** Dinámica y Mecánica de Suelos. Ediciones Agrotécnica, S.L. Madrid. 426 p.
- Schneider, P., Egon, Klamt, E., y Giasson, E., 2007.** Morfología do solo. Subsídios para caracterização e interpretação de solo a campo. Guaíba, Agrolivros. Brasil, 72 p.
- Soane, B.D., P.S. Blackwell, J.W. Dickson, and D.J. Painter. 1981.** Compaction by agricultural vehicles: a review. I. Soil and wheel characteristic. *Soil Tillage Res.* 1:207-237.
- Soil Science Society of América, 1996.** Glossary of Soil Science Terms, Madison, WI. USA.
- USDA Agric, SSS: Soil Taxonomy, 1975.** 1975. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Handbook 436, 754 pp.
- Stevenson, F.J. 1982.** Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York. 443 p.
- Unger, P.W. 1990.** Conservation tillage system. *Adv. Soil Sci.* New York 13:27-68.
- Voorhees, W.B., C.G. Senst, and N.W. Nelson. 1978.** Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern corn belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(2):344-349.

CARACTERIZACIÓN DE UN SUELO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN HUERTO FRUTAL

Jorge Carrasco J. ⁽¹⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo,

Alejandro Antúnez B. ⁽²⁾

Ingeniero Agrónomo, Ph.D,

Gamaliel Lemus S. ⁽¹⁾

Ingeniero Agrónomo M.S.

⁽¹⁾ INIA- Rayentué

⁽²⁾ INIA- La Platina

1. INTRODUCCIÓN

La observación y el reconocimiento de un terreno previo a la plantación de huertos frutales, es una práctica indispensable para asegurar un adecuado establecimiento y desarrollo de las plantas. El propósito básico es observar si existen las condiciones adecuadas del suelo para el desarrollo de las raíces de las plantas, y una adecuada aireación del suelo e infiltración del agua en el perfil del suelo (Carrasco *et al.*, 2010).

La manera de conocer la aptitud de un suelo es por medio de la observación de calicatas (Foto 1), técnica de prospección empleada para facilitar el reconocimiento y estudio directo del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En huertos frutales, se recomiendan excavaciones de al menos 1,5 metros de profundidad, por un metro de ancho, y un metro largo (Carrasco *et al.*, 2008). Esta excavación, efectuada con la amplitud indicada, permitirá la inspección del suelo, a través de una inspección visual de sus paredes y toma de muestras de suelo en las distintas estratas. Lo relevante del tamaño de la excavación es poder disponer de un espacio suficiente para trabajar en su interior, facilitando la correcta evaluación del suelo. El nú-

mero de calicatas a abrir en un predio depende de la variabilidad del suelo, siendo lo habitual abrir tres a cuatro calicatas cada cinco hectáreas de terreno a plantar, las cuales deberían distanciarse entre sí a unos 50 a 70 metros (Carrasco *et al.*, 2010).

Existe la opción de construir las calicatas con una retroexcavadora, lo cual facilita una rápida disponibilidad de ella, para iniciar los trabajos de observación y estudio de terreno. Es importante que una vez terminada la calicata bajo esta forma, para una mejor observación, las paredes de ella se deben afinar con pala y picota, para eliminar la compactación que ocasiona en ellas el corte de la pala de la retroexcavadora (**Foto 1**). Sin embargo, tiene una mayor ventaja el que una calicata se construya manualmente, porque la facilidad o dificultad que se pudo encontrar en su construcción, es un elemento importante para inferir presencia o ausencia de impedimentos físicos del suelo que pueden influir en el movimiento del agua en el perfil, cuando se inicien los riegos (Carrasco *et al.*, 2010).



Foto 1. La observación del perfil de suelo en una calicata, permite establecer la presencia de algún impedimento físico y definir el tipo de labores de manejo del suelo.

Otro uso importante de las calicata es la evaluación de del manejo del agua en un huerto establecido, siendo posible observar la profundidad a la cual el agua está infiltrando luego de un evento de riego o precipitación. Este chequeo ayuda a evaluar distintas medidas de manejo del riego como ajustar el tiempo o frecuencias de riego si el agua no está alcanzando el volumen de suelo en que se ubican las raíces de un frutal (Carrasco *et al.*, 2010).

2. CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA OBSERVACIÓN DEL SUELO A TRAVÉS DE UNA CALICATA

2.1. Profundidad efectiva del suelo

La profundidad efectiva, es una de las propiedades del suelo más importante, puesto que determina el máximo volumen de un suelo, del que las plantas pueden extraer agua y nutrientes.

El único medio seguro para conocer la profundidad efectiva del suelo, se basa en la observación directa del perfil y de la distribución de raíces en profundidad. La profundidad efectiva puede estar limitada por varias causas:

- a. Presencia de un sustrato rocoso, coherente y duro (horizonte R). Esta situación es frecuente en zonas de pendientes pronunciadas, en zonas de montaña.
- b. Presencia de horizontes cementados por formaciones calcáreas. Estas son frecuentes en suelos maduros, muy evolucionados, desarrollados a partir de materiales carbonatados. Algunas costras calcáreas, pueden romperse fácilmente con una labor de subsolado, pero otras son tan gruesas y duras que constituyen una limitación a la profundidad efectiva (Parra *et al.*, 2002).
- c. Presencia de horizontes arcillosos subsuperficiales mal aireados. Esta condición edáfica puede diagnosticarse por la presencia de colores oscuros y manchas grises, y es frecuente en terrenos planos de mucha edad, en donde llegan a formarse horizontes Bt muy arcillosos e impermeables, especialmente si en ellos abundan los elementos gruesos. En este caso la solución efectiva es establecer un sistema de drenaje artificial del suelo, antes de efectuar la plantación, o bien establecer ésta en el terreno preparado con camellones. Otra forma, es aliviar el problema, de forma transitoria, con el subsolado mediante el arado topo. En este caso el subsuelo de textura arcillosa, le

confiere a éste propiedades expansivas, y hace que las galerías abiertas por el subsolado, se cierren al cabo del tiempo de haber hecho la labor, con lo que se acaban los beneficios de la misma (Parra *et al.*, 2002).

- d. Presencia de una capa freática. Esta condición se da en las cercanías de cauces fluviales, y en terrenos de bajo relieve. La única forma de remediar esta situación pasa por el drenaje artificial del terreno.

La profundidad del suelo representa la capa de suelo donde pueden desarrollarse las raíces del frutal a establecer, sin encontrar obstáculos naturales como piedras, napas freáticas o compactación de suelos. Para conocer la profundidad efectiva del suelo, es necesario construir una calicata hasta llegar encontrar dificultades evidentes para el establecimiento de raíces. Para la mayor parte de los cultivos frutales, a mayor profundidad efectiva del suelo, mayor desarrollo tendrán las raíces, facilitando la plantación de especies con mayor crecimiento (Carrasco *et al.*, 2010).

Según los estudios agrológicos del CIREN, por ejemplo suelos de las series de suelo Pocuro, en la Región de Valparaíso; Buin y Maipú, en la Región Metropolitana; Graneros y O'Higgins, en la Región de O'Higgins (CIREN, 1996a; CIREN, 1996b); y, Talca y Bramaderos, en la Región del Maule, presentan suelos cuyas profundidades efectivas son superiores a los 100 cm., lo cual los hace muy adecuados para el establecimiento de especies frutales.

2.2. Compactación y pie de arado

En una calicata, es posible encontrar compactación de suelos, capas compactadas o pie de arado, que dificultan la infiltración del agua en el perfil del suelo. La compactación de suelo se define "como la modificación en el volumen y la estructura de los poros" (ver capítulo 2).

Una forma práctica, para comprobar la existencia de compactación de suelos en una calicata, es utilizando un cuchillo con punta, que se utiliza sosteniéndolo con la mano y ejerciendo presión con la punta de

él en las paredes de ella, evaluando la resistencia que opone el suelo a la penetración de la punta aguzada de éste. Si existiese pie de arado, comúnmente ubicado en una profundidad entre los 25 y 40 cm. aproximadamente, con bastante seguridad se detectará al percibir una mayor resistencia del suelo a ser penetrado por la punta del cuchillo. Paralelamente, es conveniente observar en las paredes de la calicata, además, la presencia o ausencia de raíces de malezas, las cuales al crecer en profundidad, repentinamente siguen su crecimiento lateralmente antes de profundizar hasta los 25 o 40 centímetros, lo que confirmaría el problema de la existencia de algún impedimento físico que dificulta su crecimiento en profundidad, como lo es el pie de arado o compactación de suelos (Carrasco *et al.*, 2010).

Un horizonte de un suelo compactado, presentará típicamente una estructura “laminar”, donde la estructura del suelo o terrones muestreados en ese horizonte, se alinean en torno al eje horizontal con mayor amplitud que en el eje vertical (**Foto 2**).



Foto 2. Forma característica de un terrón muestreado en un horizonte compactado. Obsérvese la amplitud del eje horizontal, con relación al eje vertical.

El paso regular del tractor y los equipos de laboreo en un terreno agrícola, causa la formación de un “pie de arado” a una cierta profundidad en el perfil del suelo, impidiendo el desarrollo de raíces en profundidad. Una de las principales causas de ese pie de arado de los suelos, es la rueda de los tractores agrícolas, que ejercen altas presiones concentradas superficialmente sobre el suelo y que se transmiten a través del perfil, en profundidad, causando la compactación en el subsuelo (ver capítulo 2). Este efecto se suma al causado por los arados de discos y vertedera en las labores de inversión de suelos (Carrasco *et al.*, 2010).

El tráfico de los equipos agrícola y máquinas de laboreo, tienen un efecto directo sobre la estructura, destruyendo los agregados y aumentando la compactación por un efecto de presión sobre el suelo, que se traduce en incrementos de la densidad aparente con una disminución de la porosidad. La mayoría de los especialistas en manejo de suelo, establecen que el deterioro de la estructura en los suelos agrícolas, por compactación, es consecuencia del laboreo convencional (Carrasco *et al.*, 2010).

2.3. Mal drenaje

Los problemas de mal drenaje o presencia de una estrata impermeable, como también la profundidad efectiva del suelo, no son detectables a través de la observación de la superficie del suelo, por lo cual la observación del subsuelo a través de una calicata adquiere relevancia. Los problemas de drenaje interno se evidencian a partir de la profundidad donde comienza la saturación de agua en una calicata (**Foto 3**), comprobándose con la existencia de raíces muertas en esa profundidad. Es importante no plantar frutales, en esas condiciones, debido a que la mayoría de las especies no prosperará comercialmente (Carrasco *et al.*, 2010).

La plantación de un huerto frutal será posible sólo si antes se habilita el suelo con un sistema de drenes, que permita evacuar los excesos de agua del perfil del suelo, o plantar “acamellonando” el suelo. Esta labor, consiste en la formación de camellones de corte transversal formando un trapecio isósceles (ver capítulo IV) en lo que será la hilera de plantación, que se construye principalmente en suelos poco profundo, cuando se quiere ganar unos centímetros de mayor profundidad para

el desarrollo de las raíces del frutal (Carrasco *et al.*, 2008). Además, en suelos de textura franco arcillosa a arcillosa, se construyen como una medida de control preventivo de enfermedades al nivel de las raíces de las plantas, por acumulación de aguas que se pudiesen generar.



Foto 3. Calicata que muestra problemas de drenaje en el subsuelo. Obsérvese el espejo de agua que indica acumulación de esta. Santa Inés, La Laguna, San Vicente de Tagua-Tagua. Región de O'Higgins.

2.4. Textura

Aunque existen laboratorios que entregan la caracterización textural precisa de cada suelo, se puede hacer una aproximación bastante certera en la calicata misma (Carrasco *et al.*, 2010).

Al tomar una muestra de suelos de la pared de una calicata, si es de textura arenosa nos encontraremos con que un suelo arenoso es muy suelto aún en húmedo, que al apretarlo con las manos difícilmente se formará una masa uniforme (**Foto 4**), y que al introducirlo en un recipiente con agua se deshará fácilmente. Los suelos arenosos, van a tener problemas de retención de agua y nutrientes, debido a un alto porcentaje de macroporos existente en su estructura (Carrasco *et al.*, 2010).



Foto 4. Forma práctica de determinar en forma aproximada la textura de un suelo en terreno, desagregando una muestra de suelo húmedo en la palma de la mano.

Un suelo de textura arcillosa, se reconoce en una calicata al tomar una muestra del mismo con la mano, apreciándose compacta y fácilmente moldeable, quedando restos adheridos de ese suelo a la palma de la mano, no siendo fácil separarlo de ella. Al introducir la muestra de suelo moldeada en una fuente de agua, difícilmente se va a deshacer. Los suelos arcillosos siempre van a retener más agua, por su alto porcentaje de microporos, favoreciendo las condiciones para que las raíces de un frutal se vean afectadas en su crecimiento.

En suelos arcillosos se dan las condiciones para el desarrollo de enfermedades ocasionadas por hongos del suelo que causarán daños en las plantaciones establecidas, especialmente cuando la temperatura ambiental le es favorable. Los organismos que afectan las raíces de los frutales crecen bien en suelos pesados y mal drenados.

A modo de referencia, es conveniente señalar que un suelo arcilloso sin piedras, puede llegar a retener hasta 220 mm por metro cuadrado de suelo, mientras que un suelo arenoso puede retener sólo 40 mm de humedad aprovechable, en la misma profundidad y condición (Carrasco *et al.*, 2010). Estas grandes diferencias, representan también distintas condiciones de aireación del perfil de suelo, porque un suelo arcilloso presenta un mayor porcentaje de microporos, que favorecen una ma-

yor retención de humedad, a diferencia del suelo arenoso, que posee mayor porcentaje de macroporos, que favorece una mayor aireación.

Del punto de vista de la textura, los mejores suelos son los francos, que poseen una adecuada relación entre arenas, limo y arcilla. Se caracterizan por poseer una buena retención del agua y elementos nutritivos, lo que significará el no tener posteriores problemas derivados de asfixias radicales por saturación de agua, o percolación del agua de riego (Carrasco *et al.*, 2010).

3. BIBLIOGRAFÍA

- CIREN, 1996 a.** Estudio Agrológico de la VI Región. Tomo 1. Descripción de suelos y símbolos. Publicación CIREN N° 114. Santiago, Chile, 232 p.
- CIREN, 1996 b.** Estudio Agrológico de la VI Región. Tomo 2. Descripción de suelos y símbolos. Publicación CIREN N° 114. Santiago, Chile, pp. 1-232.
- Carrasco, J.; J.F. Pastén; J. Riquelme. 2008.** Manejo de suelos para plantación y replante. p. 45-69. En: Lemus, G. y J. Donoso (ed). "Establecimiento de Huertos frutales". Boletín INIA N° 173. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Rengo, Chile.
- Carrasco, J.; Antúnez, A.; Lemus, G., 2010.** Conozca como es el suelo antes de establecer un huerto frutal. Revista Tierra Adentro. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 88. Enero-Febrero. pp. 28-30.
- Parra. M.A., Fernández- Escobar, R., Navarro, C., Arquero, O. 2002.** Los suelos y la fertilización del Olivar cultivado en zonas calcáreas. Ediciones Mundi-prensa. Junta de Andalucía. Madrid. España. pp 258.

MANEJO DE SUELOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN HUERTO FRUTAL

Jorge Carrasco J. ⁽¹⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo,

Juan F. Pastén D. ⁽²⁾

Ingeniero Agrónomo,

Jorge Riquelme S. ⁽¹⁾

Dr. Ingeniero Agrónomo.

⁽¹⁾ INIA- Rayentué

⁽²⁾ TRICAL Sudamérica S.A.

⁽³⁾ INIA- Raihuén

1. INTRODUCCIÓN

La preparación de suelos para el establecimiento o replante de huertos frutales, es una práctica indispensable para un adecuado desarrollo de las especies a establecer. El propósito básico, es remover y soltar el suelo a profundidades mayores de 30 centímetros, fundamentalmente para mejorar las condiciones estructurales del suelo y su capacidad de infiltración, como de retención de la humedad, dando una adecuada penetración del aire y del agua al perfil del suelo, necesarios para el desarrollo de la masa radical. En esta labor, es necesario considerar equipos de aradura, que incluye a arados de vertedera, cincel, y subsolador; y equipos de rastraje, como rastras de disco tipo offset, y vibrocultivadores (Carrasco *et al.*, 2008 b).

Considerando el propósito de la preparación de suelos para plantaciones frutales, se pueden establecer los siguientes criterios según el objetivo final de ella:

1. Habilitación de suelos para plantación. Consiste en la adecuación de un terreno que ha sido manejado por años con cultivos tradicionales, para el establecimiento de un huerto frutal, utilizando para ello equipos de labranza primaria, como son los arados, y equipos de la-

branza secundaria, como las rastras. Cada uno de estos implementos puede ser accionados por tractores de ruedas, o tractores pesados de orugas, como el bulldozer del tipo D6, D7, D8, y D9, en la medida que se trabaje con equipos y/o condiciones de terreno, que requieran más potencia en la labor (Carrasco *et al.*, 2008b).

2. Replante. Consiste en la adecuación de un terreno plantado con frutal o vid, el cual es necesario arrancarlo para establecer una nueva variedad o especie.

El replante se puede originar por las siguientes razones:

- De tipo comercial, donde el negocio de la producción del huerto.
- Por necesidades de renovación del material vegetal, producto de la disminución de producción de la especie, que se pudo originar por:
 - a. Problemas de suelo y/o clima.
 - b. Decaimiento de la producción, debido a senescencia de la especie o variedad.
 - c. Estar afectada de alguna enfermedad en el sistema radical de las plantas.

2. CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA PREPARACIÓN DE SUELOS DE HUERTOS FRUTALES

2.1. Profundidad de trabajo

Antes de la labor de preparación de suelos, es necesario determinar como está estructurado el perfil del suelo del terreno donde se va a establecer la futura plantación. De acuerdo a la variabilidad del suelo, se recomienda abrir en el terreno una o más calicatas de, a lo menos, 1,5 metros de profundidad (**Foto 1**), separadas a una distancia de 50 a 100 metros (dependiendo del área de trabajo) (Carrasco *et al.*, 2010). De acuerdo a la variabilidad del suelo, es recomendable realizar dos a tres calicatas, cada 5 hectáreas de terreno a plantar (ver Capítulo 3).

En una calicata, es indispensable considerar la profundidad y espesor de la capa compactada que se desea destruir. Luego se mide en los horizontes del suelo de cada una de ellas, en ambas paredes perpendiculares al sentido del riego, la resistencia que opone el suelo a la penetración de un cuchillo de punta aguzada, y observando además la presencia o ausencia de raíces de malezas, las cuales al crecer en profundidad, repentinamente siguen su crecimiento lateralmente, confirmando el problema de la existencia de algún impedimento físico, como lo es la compactación de suelos (Carrasco *et al.*, 2008 b).

2.2. Humedad del suelo

En general, en el caso de la aradura, para preparar el suelo con un arado de vertedera o de discos, o una rastra de discos, en un terreno de cultivo, se trabaja normalmente bajo una condición de suelo al estado "friable", que se reconoce al tomar con la mano el suelo de los primeros 30 centímetros, y conseguir que se disgregue fácilmente al ser presionado, sin dejar restos adheridos en ella (Ibáñez y Hetz, 1996) (ver Capítulo 1). Sin embargo, para el caso de araduras con arado subsolador, este contenido de humedad del suelo no es el recomendado para realizar las labores, porque el suelo debe estar lo más seco posible.

Para conseguir un mayor efecto agrietador en el terreno con un arado subsolador, se debe operar, en lo posible, con el suelo casi seco, entre



Foto 1. La observación del perfil de suelo en una calicata, permite establecer la presencia de algún impedimento físico y definir el tipo de labores de suelo. Hidango, Litueche.

un 5 a 15% de humedad. Este estado de contenido de humedad del suelo, se puede conseguir entre verano y otoño, en el cual se han suspendido los riegos. Si se realiza la labor con suelo húmedo, lo único que se consigue es cortarlo y no producir el resquebrajamiento lateral deseado por lo cual la labor será ineficiente. El ejemplo “clásico” que representa el efecto de la pasada del subsolador por un suelo húmedo, es el paso de un cuchillo caliente por la mantequilla sólida, donde en esta sólo quedará la zona de corte del cuchillo (Carrasco *et al.*, 2008 b).

2.3. Compactación y formación de capas endurecidas

2.3.1. Estructura y su relación con la compactación de suelos.

La estructura del suelo es una de las más importantes propiedades que afectan a la producción de los cultivos porque influye en la profundidad a la cual las raíces pueden penetrar, el volumen de agua que se puede acumular, y el movimiento del agua, el aire, y los nutrientes (ver Capítulo 2).

El concepto de compactación de suelo ha sido descrito por diversos autores y se define “como la modificación en el volumen y la estructura de los poros”. Otros señalan que “la compactación del suelo involucra una reorganización y estrecha unión de las partículas sólidas del suelo y consecuentemente un incremento en la densidad aparente” (ver Capítulo 2).

2.4. Pedregosidad del terreno

De acuerdo al nivel de pedregosidad que se observe en un terreno, es necesario considerar dos aspectos; el primero se refiere a la necesidad de potencia del equipo, y el segundo se refiere a la necesidad de una labor adicional, realizada inmediatamente después del trabajo de subsolado, que consiste en el retiro de las piedras que quedan sobre la superficie (**Foto 2**). Estas, en su conjunto, pueden llegar a ocupar un volumen significativo, respecto del volumen de suelo del terreno destinado a la plantación de un huerto frutal o de vid. Algunos terrenos de las



Foto 2. Afloramientos de piedras en la superficie de un terreno, después de una labor de subsolado.

regiones de Atacama y de Coquimbo, se caracterizan por suelos con un volumen importante de piedras de diferentes tamaños, lo que complica la labor de subsolado.

Suelos pedregos representan un problema en el caso del uso de un equipo “ahoyador”, para la construcción de huecos u hoyos para la plantación de un frutal. En este caso conviene hacer hoyos de mayor tamaño, y más profundos, con el fin de ser rellenados con suelo de mejor calidad, o con el propio suelo mezclado con estiércol de gallina, pollo o pavo.

2.5. Cultivo o plantación anterior

El efecto del cultivo anterior sobre la estructura del suelo, influye en el método de preparación de suelos a seleccionar. Este criterio es aplicable cuando las plantaciones frutales serán establecidas en terrenos provenientes de cultivos de hortalizas o empastadas.

El algunas oportunidades, un terreno para el establecimiento de un huerto frutal puede estar cubierto por distintas especies de malezas, o por alguna pradera permanente degradada, ocupando casi la totalidad de la superficie (**Foto 3**). Por ejemplo, si se arranca un huerto de frutales, para plantar una nueva especie o una nueva variedad, lo normal



Foto 3. Terreno cubierto con una pradera, previo a la plantación de un huerto frutal.

que ocurre es que el productor al tener tomada la decisión de arrancar el huerto, generalmente, tiende a descuidar el control de las malezas en el período de poscosecha, las cuales crecen libremente llegando en algunos casos a producir semilla, lo que afectará negativamente el manejo posterior del nuevo huerto.

2.6. Disponibilidad de equipos

La disponibilidad de equipos a la cual el agricultor puede optar, puede ser dividida en:

- Equipos para laboreo primario: corresponde a la aradura, y su objetivo básico es remover y soltar el suelo a profundidades mayores a 15 centímetros. Se utilizan normalmente arados de vertedera, de discos, cincel, subsolador, y arados rotativos (ver Capítulo 1).
- Equipos para laboreo secundario: tienen por función, controlar malezas, incorporar residuos vegetales y fertilizantes y romper el sellamiento superficial del suelo. Incluye rastras de disco tipo off-set, y vibrocultivadores (ver Capítulo 1).

Los equipos a utilizar para la preparación del suelo, pueden ser de carácter intrapredial o de servicio externo. En general, los equipos disponibles en los predios son tractores que no superan los 100 HP, y

equipos como arados y rastras, que tradicionalmente se usan para el laboreo del suelo en cultivos, o con algunos de ellos inadecuados por obsolescencia, o sobredimensionados para la capacidad de los tractores disponibles.

Los equipos de servicio externo disponibles, en su gran mayoría modernos y en buen estado, pueden ser subsoladores de una a tres puntas y con tractores de gran potencia, tipo “bulldozer” en algunos casos, que pueden trabajar en suelos con menor contenido de humedad y a mayor profundidad. También pueden ser arados de vertedera del tipo reversible, equipo que permite aumentar la capacidad de trabajo de la labor de inversión del terreno, si se requiere aradura profunda.

En la oferta de servicios de subsolado es posible encontrar tractores con potencia desde 180 Hp con subsoladores de tiro o bulldozer (tipo D6, D7, D8 o D9) con ripper (de uno a tres) con largo de trabajo de hasta 1,5 metros (**Foto 4**).

Requerimientos de potencia. Cualquiera que sea la tracción, debe haber disponible potencia suficiente para mover el equipo de aradura o



Foto 4. Tractor sobre orugas o “Bulldozer” con subsolador, apropiado para labores profundas en suelos secos o con bajo contenido de humedad. Fundo El Coigüe, Requínoa.

de rastraje, para un funcionamiento correcto. Demasiada potencia significa gasto de combustible y puede dañar los implementos si no están adecuadamente regulados. Por otro lado, si la potencia disponible es baja, se pierde tiempo, y puede dañar el tractor por sobrecarga de los engranajes y el motor del tractor, y causar excesivo desgaste de los neumáticos (F.M.O, 1988). El subsolado tiene requerimientos muy altos de potencia del tractor, especialmente si se trata de suelos muy compactados o si la labor debe hacerse a gran profundidad. Normalmente la potencia requerida está por sobre los 90 HP en el tractor, superando los 110 HP si la profundidad a subsolar es de 60 a 80 cm.

2.7. Época de trabajo

Es necesario considerar este criterio en la programación del trabajo debido a dos aspectos importantes. El primero dice relación, con la época de disponibilidad en el mercado de los equipos de mayor potencia que es necesario utilizar y el segundo se refiere a la condición de humedad del suelo necesaria para lograr un correcto trabajo de un arado. Si se trata de trabajar con un arado subsolador, se debe trabajar en una época del año, verano o inicios de otoño, donde el contenido de humedad del suelo debe ser lo más bajo posible, para lograr el efecto de resquebrajamiento o de “estallamiento” del perfil del suelo (Carrasco *et al.*, 2008 b). Labores con el arado de vertedera y rastra de discos, exigirán una época del año donde el suelo se encuentre con un contenido de humedad friable. De no ser así, será necesario regar el terreno, para alcanzar una adecuada preparación de suelos.

3. SECUENCIA DE TRABAJO EN LA PREPARACIÓN DE SUELOS DESTINADO A REPLANTE DE HUERTOS O PARRONALES

3.1. Arranque de plantas

El arranque de plantas para un replante de huerto o parronal, debe considerar los siguientes aspectos:

3.1.1. Destronque

Corresponde a la eliminación de la parte aérea de las plantas de un huerto (**Foto 5**). Tradicionalmente, este trabajo se realiza cortando los troncos con motosierra, para posteriormente reducir la parte aérea de los árboles y retirar todo el material fuera del huerto. En la mayoría de los casos, este trabajo se realiza a trato, con personal que comercializa leña de frutales (Carrasco *et al.*, 2008 b).



3.1.2. Arranque de la base del tronco y raíces

Esta actividad corresponde al retiro de la base de los árboles y de las raíces de mayor tamaño, que han quedado después del corte de la parte aérea de las plantas frutales y vides. Tradicionalmente, este trabajo se ha realizado con tractores, los cuales tiran el tronco arrancando las raíces, de la siguiente forma:

Foto 5. Labor de destronque de un huerto, necesario para labor de replante.

- a. Se remueve la tierra en la zona de la base del tronco de cada planta, con pala y picota, para posteriormente cortar las raíces de anclaje más gruesas.
- b. Paralelamente, se utiliza una cadena, la cual se ata firmemente a la base del tronco, utilizando para ello uno de sus extremos. Seguidamente, el otro extremo se sujeta al punto o eje de tiro de un tractor.
- c. Posteriormente, el tractor tira de la cadena y con ello al tronco, hasta que este es finalmente es arrancado de su base, por el efecto de tiro del tractor.

Este proceso puede resultar de un alto costo, por lo cual se propone la siguiente alternativa: utilizar equipos más eficientes como las palas excavadoras o retroexcavadoras (**Foto 6**). Estos equipos permiten retirar la parte basal del tronco y un mayor volumen de raíces por planta, en comparación al arranque realizado con tractor. Experiencias recientes, en la Región de O'Higgins, muestran que la eficiencia del trabajo es mayor, al realizar la labor en menor tiempo, y por lo tanto, los costos de operación son menores que la alternativa tradicional.



Foto 6. Labor de arranque de la base del tronco y raíces de la planta frutal con una retroexcavadora.

3.2. Labor de Subsulado

Una vez determinado el estándar de equipo requerido para las labores de labranza primaria en la preparación de suelos destinado a replante, es pertinente considerar los siguientes aspectos técnicos.

3.2.1. Subsulador

Este equipo realiza la labor que permite romper las capas endurecidas o compactadas del subsuelo (ver capítulo 1) buscando mejorar la penetración de las raíces, la permeabilidad del agua en el perfil del suelo, y el drenaje superficial (Carrasco *et al.*, 2008 a). La labor de subsulado, en la

preparación de suelos para la plantación de un huerto frutal, es recomendada realizarla en el 100% de la superficie, si se trata de romper capas compactada y mejorar las propiedades físicas del suelo. De esta forma, se mejora la aireación del suelo con lo que se agiliza el intercambio gaseoso y la actividad microbiana a nivel radical, facilitando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Carrasco *et al.*, 2008 b).

El subsolador también se usa en la construcción de túneles de drenaje, en terrenos arcillosos con problemas de acumulación de agua en el perfil de suelo (Ibáñez y Hetz, 1996). Lo suelos de textura franco arcillosa a arcillosa, son los más adecuados para la construcción de este tipo de túneles, porque la plasticidad y adhesividad, como la capacidad de contracción de ellos, facilita la formación de los túneles y duración en el tiempo. Para ello, en la parte posterior de la bota, se instala un “balín topo” unido por una cadena (**Foto 7**), para lograr el efecto de formación o construcción de túneles de drenaje. Cuando el suelo está con un contenido de humedad superior a capacidad de campo, el trabajo del subsolador y “balín” topo se facilita, ya que el tractor requiere menos potencia, además que bajo esas condiciones de humedad se facilita la construcción de los túneles internos de drenaje, los cuales facilitarán la evacuación de excesos de agua que se pudieran acumular en el perfil del suelo, a nivel de las raíces de los frutales (**Figura 1**).



Foto 7. Arado subsolador y balín topo o torpedo, adecuado para construir túneles de drenaje.

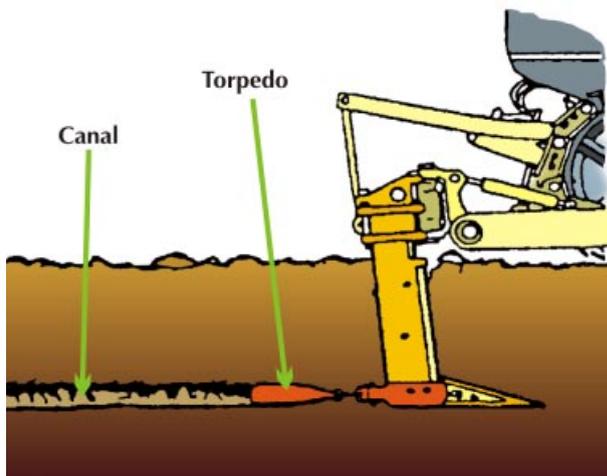


Figura 1. Contrucción de un túnel o canal interno por un arado subsolador y balín torpedo. (Figura tomada de Lorca y Carrasco, 1991).

El subsolador se diferenciará según el número de escarificadores, o la profundidad de trabajo que define el tamaño del implemento. Consta de un chasis de construcción robusta, al cual se “apernan” las unidades de rotura, el sistema de enganche del tractor, y las ruedas de transporte, cuando las posee (Ibáñez y Hetz, 1996). Sobre el chasis, va montado uno a tres brazos de hierro, separados entre sí a distancias generalmente de 50 centímetros y capaces de penetrar a profundidades sobre 30 centímetros, por lo cual se relaciona directamente con la potencia del tractor, para un eficiente funcionamiento.

Es importante, tener presente el efecto que tiene la velocidad de trabajo sobre la demanda de potencia. Es decir, si se reduce la velocidad, es posible arar con tractores de menor potencia, pero no de menor peso. La velocidad de trabajo del subsolador debe ser entre 1,5 a 3 kilómetros por hora, debido a los requerimientos de potencia necesaria para moverlo. No es conveniente realizar la labor con una velocidad mayor, porque de esa forma se permite que afloren a la superficie capas de suelo improductivo (Ibáñez y Hetz, 1996), además que se dañaría el sistema de levante del equipo.

Lo común es que el arado subsolador se componga de un brazo rígido de perfil rectangular recto, con un largo que puede ir de los 80 a 100 centímetros, en cuyo extremo inferior se une, a través de pernos, a la bota o pie que produce el trabajo de quebrar el suelo endurecido de las capas inferiores, produciendo grietas que se distribuyen lateral y verticalmente alcanzando hasta la superficie (Carrasco *et al.*, 2008 b). La cara anterior del brazo presenta filo de cuchilla para reducir la resistencia que ofrece el suelo al avance del arado.

En la normalidad de los casos, si la labor de subsolado busca mejorar las condiciones físicas del suelo de un suelo para replante, o para la plantación de un frutal, se puede trabajar con condiciones de humedad baja, casi seco en algunos casos, lo cual obliga a usar equipos de mayor potencia como el caso de buldózer D6 o D8 con orugas, que incluso permite el uso de tres brazos subsoladores, aumentando con ello la capacidad de trabajo en el campo (Carrasco *et al.*, 2008 b).

La bota o pie del subsolador, estructura maciza de aproximadamente 35 a 45 centímetros de largo y 8 x 10 centímetros de sección, presenta en su frente de corte una punta o cincel intercambiable, con ángulo de inclinación diseñado para facilitar la penetración del arado subsolador en el suelo (**Foto 8**). Este elemento protege a la bota del efecto abrasivo del terreno alargando su vida útil.



Foto 8.
Bota o pie de un arado subsolador con punta o cincel intercambiable.

3.2.2. Regulaciones del subsolador

3.2.2.1. Nivelación del Arado

En el caso de los subsoladores montados en tractores, uno de los aspectos de mayor importancia para un buen funcionamiento de él, es la posición de la unidad de rotura con respecto al nivel del suelo. Es necesario regular el arado, antes de la labor, comprobando la nivelación del mismo, tanto transversal como longitudinal, y la regulación de la profundidad de trabajo (ver capítulo 1).

3.3 Trabajo de aradura de inversión

3.3.1. Aradura con vertedera

Posterior al trabajo de subsolado y como una manera de aumentar el grado de mullimiento de suelo, e incorporar residuos, es recomendable trabajar el suelo con un arado de vertedera, para alcanzar una aradura profunda. Este equipo está formado por la reja, las costaneras y las vertederas. Todas estas partes, que en conjunto producen la inversión del suelo. La actividad de este equipo está condicionada a la profundidad de la capa arable, es decir si el suelo tiene más de 40 a 50 centímetros de profundidad, se justifica su uso.

En caso de usar arados de Vertedera para la preparación del terreno se debe de tomar en cuenta el tipo de vertedera, estos pueden ser:

- a. **De vertedera fija:** Con este tipo de arado se debe tener el cuidado de cerrar bien la aradura, para no provocar desnivelación del terreno, y con ello afectar el riego.
- b. **De vertedera reversible:** Cuando se use este tipo de arado, hay que preocuparse de que todas las pasadas queden a la misma profundidad. Existen los de vertedera universal o lisa, recomendados para suelos de textura media, y los de vertedera listonada, recomendadas para suelos de textura arcillosa.

3.3.1.1. Regulaciones del arado de vertedera

En general, los arados de vertederas que se utilizan en la actualidad, son de enganche integral, es decir, van acoplados al sistema de enganche de tres puntos del tractor, formando parte de él (**Foto 9**). Para lograr una buena regulación del arado, deben considerarse principalmente los ajustes de:

- La inclinación lateral.
- La verticalidad.
- Ancho de corte.
- Profundidad.

El detalle de este tipo de regulaciones, se puede revisar en el Capítulo 1.



Foto 9. Arado de vertedera reversible en su labor de inversión de suelos.

3.3.2. Arado cincel

El arado cincel se recomienda cuando el suelo está compactado, especialmente en suelos arcillosos. Es conveniente pasarlo dos veces, la primera pasada a una profundidad superficial y la segunda en forma diagonal o perpendicular, a la primera, rompiendo en esta a la profundidad que se desea. De esta manera, se suprimen los camellones que

quedan en la primera pasada y al mismo tiempo se evita que las puntas del arado sigan las mismas ranuras de corte en el suelo producidas anteriormente (Carrasco *et al.*, 2008 b).

Entre las ventajas, la más importante, es la de producir ruptura del pie de arado al trabajar a profundidades aproximadas de 30 centímetros. La capacidad de profundización depende del diseño del arado, de las condiciones del rastrojo de un cultivo anterior, y de los resultados que se deseen obtener (Carrasco *et al.*, 2008b).

3.4. Labores de rastrajes

3.4.1. Rastras

En el establecimiento de huertos frutales, el uso de rastras es apropiado para invertir y mullir el suelo, afinando la preparación realizada por los arados, además de lograr una buena incorporación de residuos orgánicos y materiales vegetales verdes, como malezas que existiesen al momento de la preparación del suelo (Carrasco y Riquelme, 2008).

Cuando existe un volumen importante de malezas en el terreno, el uso de un arado de discos o de vertederas sería ineficiente, porque se “atollarían” los discos y la vertedera no podría penetrar la superficie del terreno. Bajo esas condiciones, es necesario reducir el volumen de la cobertura de malezas o pradera, si fuese el caso, cortándola con una labor de rastraje de discos realizada a una profundidad de 12 a 15 centímetros aproximadamente, lo que permite cortar las malezas exponiéndolas parcialmente al sol y al viento para facilitar la muerte de ellas (Carrasco y Riquelme, 2008).

Si se preparan terrenos invadidos de malezas de reproducción vegetativa, como maicillo y chéptica, con un implemento cortante -una rastra de disco, por ejemplo- se puede multiplicar el problema, pues al seccionar la planta en varios trozos, cada uno da origen a nuevas plantas. Paradojalmente, el agricultor al controlar las malezas a través de los rastrajes con rastra de disco, elimina de momento su presencia en el terreno, sin saber que cada trozo dará origen a una nueva planta (Carrasco y Ormeño, 1999).

3.4.1.1. Rastra de discos

El objetivo de las rastras de discos es mullir la capa superficial del suelo. Existe una amplia gama de diseños de rastras de discos, las cuales difieren entre sí por la cantidad, diámetro, concavidad, ángulo de ataque de los discos, y disposición de los cuerpos (tándem y off-set). En la preparación de suelos para el establecimiento de frutales, la rastra más utilizada es la de tipo off-set con sistema de levante hidráulico, por su ancho de trabajo y por su maniobrabilidad en la preparación de suelos. Además, funcionan con gran eficiencia en el control de malezas, gracias al desplazamiento lateral que ejercen los discos sobre la superficie del suelo, lo que permite desarraigar y eliminar un alto porcentaje de malezas (Carrasco y Riquelme, 2008).

3.4.1.2. Rastra tipo vibrocultivador

La rastra tipo vibrocultivador produce un “vibrado” completo del suelo a la profundidad deseada, por lo cual remueve el suelo sin invertirlo, lo cual permite romper el sellamiento superficial del suelo provocado por el tránsito de maquinaria y por partículas finas como limos y arcillas, así como también, por las sales de sodio y calcio que van sellando los poros del suelo como consecuencia del riego superficial (ver Capítulo 1). Realiza un buen control de malezas de reproducción vegetativa, como la “chépica” (*Cynodon dactylon*) y “maicillo” (*Sorghum halepense*) (Ormeño y Carrasco, 1999), por la acción de un rodillo compactador desmenuzador, que destruye sus estolones y rizomas y los deja expuestos a las condiciones climáticas, en las que se deshidratan y mueren. Además, favorece la nivelación progresiva del terreno, a través de cada una de las labores de control de malezas.

Las labores de rastrajes para el manejo de suelos en la frutales, se diferencian, según los objetivos que persiga, y la oportunidad de la labor, por lo cual, se debe hacer una diferenciación en rastrajes de otoño (postcosecha) y rastrajes de primavera.

En el período de cosecha de los frutales, el agricultor generalmente tiende a descuidar el control de las malezas, por lo cual los rastrajes de post cosecha, están destinados a eliminar esas malezas que emergieron

y se desarrollaron en ese período. Para este control de malezas entre las hileras del huerto frutal, se debe comenzar, una vez cosechada la fruta, con una labor de rastraje con discos. De este modo, se provoca una remoción del suelo, lo que permite, por un lado, ahogar y desarraigar las malezas, y por otro, exponerlas parcialmente al sol y al viento para su deshidratación (Carrasco y Riquelme, 2008).

En esta primera labor de control de malezas es importante utilizar una rastra de discos que eliminará una gran cantidad de malezas características del huerto a inicios de temporada, las cuales, en caso de hacerlo con un equipo vibrocultivador, dificultarán la acción de éste hasta hacerlo ineficiente. De ahí la importancia de iniciar las labores de rastraje, utilizando para ello una rastra de discos (Carrasco y Riquelme, 2008).

Si se preparan terrenos invadidos de malezas de reproducción vegetativa, como maicillo y chépica, con un implemento cortante -una rastra de disco, por ejemplo- se puede multiplicar el problema, pues al seccionar la planta en varios trozos, cada uno da origen a nuevas plantas. Esto se origina, principalmente, por el exceso de rastrajes, los cuales han ido aumentando temporada a temporada la población de dichas malezas. Paradojalmente, el agricultor al controlar las malezas a través de los rastrajes con rastra de disco, estas las controla de momento porque elimina su presencia en el terreno, sin saber que cada trozo de las que se multiplican vegetativamente, dará origen a una nueva planta (Carrasco y Ormeño, 1994).

A partir del primer rastraje realizado en post cosecha con una rastra de discos, el segundo rastraje se hará con un vibrocultivador, el cual levantara las malezas que la rastra de disco dejo parcialmente enterradas, dejándolas expuestas en la superficie del suelo a la acción deshidratadora del sol y viento de otoño.

Si los suelos son de textura franco arcillosa a arcillosa, los terrones que deja la rastra de disco, al perder su humedad, se endurecen por efecto de la compactación provocada por el disco y por la deshidratación del sol y viento, por lo cual son bastantes impermeables al paso del agua en invierno (Carrasco y Riquelme, 2008). De ahí la importancia del uso del vibrocultivador acompañado del rodillo desterrador, porque con

el uso continuo de este implemento se reduce el tamaño de los terrenos grandes (diámetros superiores a 10 cm), y se mantiene los terrenos nivelados, lográndose una distribución uniforme del agua.

Es importante considerar que en labores posteriores con vibrocultivador, se debe racionalizar su uso, y mantener un equilibrio entre control de malezas y protección del suelo, debido a que por la alta velocidad del trabajo (8 a 10 kilómetros por hora) el rodillo compactador - desmenuzador provoca un excesivo mullimiento de este último, lo cual se traduce en problemas de erosión debido al arrastre, de suelo suelto, por el riego gravitacional (Carrasco y Ormeño, 1994).

Para el control de malezas que se caracterizan por la reproducción vegetativa a través de yemas radicales, como la “Correhuela” (*Convolvulus arvensis*), presente en los terrenos plantados con frutales (Ormeño y Carrasco, 1999), el uso del vibrocultivador se debe utilizar después de un rastraje de discos en el mes de abril, pese al efecto multiplicador de malezas que se reproducen vegetativamente. Así se invierte el suelo y se desarraiga gran cantidad de esas malas hierbas que dificultan y hacen ineficiente la acción de este equipo. Posteriormente las fuertes vibraciones y la forma especial de los brazos del vibrocultivador arrancan las malezas, limpian sus raíces y partes vegetativas, dejándolas totalmente expuestas a las condiciones climáticas, facilitando su control.

3.5. Nivelación y micronivelación de suelos

Una vez realizado el arranque de los árboles, para un replante, debe nivelarse cuidadosamente el suelo en atención al sistema de riego, especialmente, si se establece riego gravitacional. La nivelación es una forma de acondicionamiento físico del suelo, que consiste en remover tierra de las partes altas, acarrearla y depositarla en las bajas, con el objeto de dejar una superficie con una pendiente que se ajuste a la pendiente natural del terreno, permitiendo el riego. Esta depende de la profundidad de suelo, y de la topografía del terreno, porque con ella se puede cortar suelo productivo, moverlo, y cubrirlo con capas improductivas para mantener la nivelación (Carrasco *et al.*, 2008 b).

La nivelación tradicional consiste en un levantamiento topográfico sobre una cuadrícula de 10 x 10; 20 x 20; o 30 x 30 metros, dependiendo de la topografía del terreno y de la experiencia del operador de la máquina niveladora. Se obtienen las cotas topográficas y el plano del proyecto, con él se determinan los cortes y rellenos, que posteriormente se marcan en el terreno sobre un estacado previamente fijado y se procede a la nivelación. Hoy en día, con la nivelación láser el trabajo se realiza en forma automatizada, por lo cual se recomienda por su rapidez y bajo costo.

Previo a la nivelación, es necesario seleccionar la época más adecuada para los trabajos. Los meses de verano y comienzos de otoño son los más indicados para la labor de movimiento de tierra, porque se reduce el daño a las propiedades físicas del suelo, y a su vez es más económica (Carrasco *et al.*, 2008b). Trabajar en invierno o inicios de primavera, cuando el suelo está con un contenido de humedad a capacidad de campo o saturado, el riesgo de compactación de este es mayor, además que la operación de los equipos se haría más ineficiente, y por lo tanto con un costo más alto.

Si se trata de nivelar un terreno que ha sido cultivado el año anterior, los residuos de la cosecha se deben picar previamente con una rastra de discos, para incorporarlos posteriormente de la manera más uniforme, dejando la menor cantidad posible sobre la superficie antes del inicio de los trabajos. De esta forma se realiza un trabajo de mayor calidad (**Foto 10**) (Carrasco *et al.*, 2008 b).

Suelos muy delgados, muy permeables, de topografía muy irregular y con pendientes excesivas, no hacen recomendable la práctica de nivelación de suelos, por lo cual bajo esas condiciones el riego recomendado es el tecnificado.

La micronivelación se diferencia de la nivelación de suelos, porque en el primero se trata de mover suelo superficialmente, afinando las irregularidades del terreno, emparejándolo (**Foto 11**). En la segunda, se modifica la superficie del terreno, con un movimiento mayor de suelo, lo que significa afectar la estructura del mismo y con ello las propieda-



Foto 10. Labor de nivelación de un terreno con una “trailla”, equipo que permite una máxima efectividad en la labor.



Foto 11. Movimiento superficial de suelo con una microneveladora, emparejándolo para el riego.

des físicas, químicas y biológicas, al mezclar horizontes, o llevar a la superficie otros de menor calidad, superponiéndolos sobre otros de mayor fertilidad natural (Carrasco *et al.*, 2008b).

Para mejorar la micronivelación del terreno, en el último rastraje se puede utilizar una rastra offset, ubicando un tablón de madera, tirado por cadenas, detrás de ella. Este implemento ayuda a lograr una disgregación de los terrones y micronivelar la superficie del terreno, a la vez de proteger la humedad del suelo por el efecto de planchado producido por el tablón (**Foto 12**).



Foto 12. Labor de rastraje con Rastra “off-set” y tablón de madera, para favorecer la micronivelación del terreno y proteger la humedad del suelo.

3.6. Acamellonado o corrugado del suelo

El “acamellonado” o corrugado del suelo, consiste en la formación de camellones de corte transversal formando un trapecio isósceles en lo que será la hilera de plantación (**Foto 13**). El camellón se construye principalmente en suelos poco profundos, cuando se quiere ganar unos centímetros de mayor profundidad para el desarrollo de las raíces del frutal. Además, en suelos de textura franco arcillosa a arcillosa, se construyen como una medida de control preventivo de enfermedades al nivel de las raíces de las plantas, por acumulación de aguas, cuando existen problemas de mal drenaje.

Los camellones deben construirse con alturas que van de los 50 a los 80 centímetros, según la profundidad del suelo, y un ancho en la base que va de los 150 a 200 centímetros y con 80 a 150 centímetros en la corona. Los ángulos basales del camellón son de aproximadamente 30 a 45 grados.

Al momento de construirse los camellones en el terreno, con arados de disco o vertedera, o con un equipo “acamellonador” construido especialmente para ello, es necesario considerar la compactación natural que sufre el suelo una vez que ha sido removido por los implementos

de labranza . Por efecto de las lluvias, y por el peso propio de las partículas de suelo, los camellones, con el tiempo modifican su volumen, al reducir su altura en aproximadamente 10 a 40 centímetros, dependiendo de la textura del suelo (Carrasco *et al.*, 2008 b). Esto es importante al momento de construir el camellón, con los equipos de laboreo, donde será necesario diseñarlo con una altura mayor, para obtener finalmente uno con las dimensiones requeridas. Los camellones de suelos arcillosos, son menos sensibles a reducir su altura, en comparación a camellones de suelos de una textura intermedia, como lo son los suelos de textura franco arcillosa a franco arenosa (Carrasco *et al.*, 2008b).



Foto 13. Acamellonado del suelo, para favorecer el desarrollo radical de una plantación de cerezos. Vivero Rancagua. Región de O'Higgins

3.7. Ahoyado de plantación

En el caso del establecimiento de un huerto frutal, una vez hecha la preparación de suelos con arados y rastras, es necesario trazar en terreno la futura plantación de acuerdo a los requerimientos de la especie a establecer, en cuanto a las distancias existentes entre hileras de plantas y la distancia sobre ellas. Trazando con un nivel topográfico, huincha, jalones, estacas, y cal para la marcación, se puede lograr un buen trazado para la plantación, o sencillamente con huincha, lienza, estacas, y cal, si se trata de pequeñas superficies.

Una vez hecha la demarcación de los puntos de plantación con cal, se inicia el proceso de ahoyado, que es una labor que se realiza en un terreno, abriendo hoyos o “huecos”, con el máximo diámetro que permita el barreno o broca disponible, de manera de ubicar adecuadamente en él la planta a establecer, y para compensar de alguna forma la falta de preparación de suelos, al remover el máximo volumen de tierra del hoyo de plantación.

Esto facilita ubicar en mejor forma el sistema radical de cada planta, al interior de la excavación hecha por el equipo ahoyador, alojando sin restricciones a las raíces de la planta. En el caso de frutales de carozo, lo ideal sería un hoyo con 40 cm. de diámetro por 30 a 45 de profundidad (**Foto 14**)

En suelos con limitaciones físicas, como un exceso de pedregosidad o una fuerte compactación del suelo, es conveniente hacer hoyos de mayor tamaño y más profundo para ser rellenados con suelo de mejor calidad, o rellenados con el propio suelo mezclado con una enmienda orgánica, como guano de gallina, pollo, o pavo, en el segundo. Si se va



Foto 14. Diámetro y profundidad adecuada para la plantación de un frutal de carozo.

a usar un volumen de guano importantes de las aves indicadas, lo conveniente es ubicarlo en el fondo del hoyo, y posteriormente ubicar sobre él una capa de suelo del lugar, y sobre esa capa de suelo ubicar la planta, evitando con ello el contacto entre las raíces de ella y el guano, que puede dañar la planta. Una vez establecida la planta, es conveniente regar con abundante agua, para infiltrar hacia capas más profundas el exceso de sales que traen los guanos, que pudiesen afectar el establecimiento de las plantas.

3.7.1. Operación del equipo

Teniendo el equipo y tractor acoplado en el terreno a trabajar, en el primer punto demarcado para la perforación, de la primera línea de plantación, debe bajarse lentamente el barreno hasta ubicarlo perpendicularmente al punto a perforar. Posteriormente, el equipo se pone en movimiento, introduciéndolo en forma paulatina hasta unos 10 o 20 centímetros, según la dureza del terreno. Una vez alcanzada esa profundidad, debe extraerse el barreno levantándolo con el sistema hidráulico del tractor. Esto para limpiar la tierra extraída de la periferia del mismo, y dejarla fuera del punto de hoyadura. Una vez limpio se repite la operación hasta 10 a 20 centímetros, y las veces que sea necesaria, hasta alcanzar la profundidad deseada.

Terminado el primer hoyo de plantación, se continúa con el segundo, en la misma hilera de plantación, manteniendo la distancia del diseño, y así sucesivamente hasta terminar la labor, trabajando hilera por hilera (**Foto 15**).

Foto 15.
Secuencia de ahoyado para plantación, con la primera hilera de plantación terminada.
INIA-Rayentué,
Choapinos, Rengo.



4. RECOMENDACIONES GENERALES

Previo a la preparación de suelos, para el establecimiento de un huerto frutal, es fundamental un diagnóstico del perfil, a través de una calicata, para establecer la profundidad del suelo, impedimentos físicos, como la compactación subsuperficial o pie de arado, problemas de drenaje, pedregosidad, entre otros. Todo esto definirá la metodología a seguir para el manejo del suelo (Carrasco *et al.*, 2008b).

Durante la etapa de plantación de un huerto frutal, todas las faenas propias de preparación de suelo son necesarias. Estas son aradura, rastraje, y micronivelación. Además, en algunos casos es necesaria la labor de “acamellonado” o corrugado del terreno. Esto permite, evitar los excesos de agua de riego al nivel de las raíces de las plantas (Carrasco *et al.*, 2008 b).

Para la preparación del terreno, los residuos de la plantación precedente es recomendable desmenuzarlos o picarlos con varias pasadas de una rastra de discos, dejándolos secar para enterrarlos posteriormente con un arado de vertederas. Una vez eliminados los residuos, el terreno es arado a una profundidad de 35 a 40 centímetros.

En general, los suelos, se recomienda subsolarlos con dos pasadas, con la primera en el sentido del riego, y con la segunda hecha en sentido diagonal a la primera, para finalmente terminar la preparación, ya sea con una pasada de arado de vertedera, si se requiere incorporar residuos, o de una rastra de discos para la micronivelación del terreno. En suelos con problemas de drenaje o poca profundidad, es necesario proceder a pasar un equipo acamellonador para formar camas de forma de un trapecio isósceles, pero con bordes redondeados en su corona, y ganar profundidad para el desarrollo de las raíces de las plantas.

Para incorporar los residuos vegetales al suelo, es necesario comenzar la preparación de éste con pasadas de una rastra de discos, con el fin de cortar el volumen vegetal en pequeños pedazos, para facilitar así las araduras con vertedera, y alcanzar con esto una descomposición uni-

forme de los residuos. Posteriormente, se realiza una pasada profunda de arado (35 a 40 centímetros), la cual debe realizarse con una anticipación de 20 a 25 días a la plantación, con el propósito de que los residuos que se incorporan al suelo, puedan descomponerse.

Para la aradura, las cabeceras de los terrenos deben dejarse al final de la labor para evitar que al dar vuelta el tractor y equipo en ellas, este se compacte.

Después de la aradura hay que rastrear, lo cual debe efectuarse, en lo posible, en forma inmediata, una vez hecha la aradura, de forma tal de no perder la humedad de suelo, y favorecer el mullimiento del mismo. Para conseguir un suelo bien trabajado, son necesarias una a dos pasadas de rastra, hasta conseguir que el suelo quede bien mullido y suelto, pero no excesivamente para evitar erosión por el riego por surcos.

En terrenos de pendientes de laderas, la secuencia de trabajo es roturar el suelo, preparar camellones, y finalmente plantar. En algunos casos hay que incorporar prácticas de conservación de suelos, tales como: surcos de desviación de aguas lluvias, y otras prácticas afines a las condiciones del terreno, respetando la conservación del suelo.

En plantaciones bajo riego por surcos, es importante que la aradura se haga en la dirección que corre el agua, para evitar dañar los niveles de riego, por alteraciones topográficas que se cometen al efectuar las araduras de los terrenos.

Cada cierto tiempo, son necesarias labores de micronivelación, para mantener las pendientes del terreno, y con ello facilitar el movimiento del agua en el riego por surcos. Rastrajes frecuentes, para el manejo del suelo y control de malezas entre las hileras de los frutales, puede originar problemas en el microrelieve del terreno, lo cual obliga a realizar labores que permitan mantener la pendiente natural del terreno para facilitar el riego. La micronivelación es una práctica que se utiliza cuando se produce la situación señalada anteriormente. Por otro lado, esta labor en los suelos salinos, permitirá atenuar el efecto de las sales sobre las plantas, al mejorar la distribución del agua en el terreno.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco, J. y Ormeño, J. 1994.** Manejo de suelos y maquinaria agrícola. pp. 285-308. En: G. Lemus, (ed.) El duraznero en Chile. Editorial los Andes. Santiago, Chile.
- Carrasco, J., García-Huidobro, J.; y Peralta, J.M., 1993.** Selección de equipos de labranza. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA) La Platina. Marzo-Abril, N° 75, p.3-17.
- Carrasco, J., 1998.** Equipos de labranza primaria. El arado de vertederas. Tierra Adentro N° 21. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Julio-Agosto, pp. 44-47.
- Carrasco, J. 2000.** Laboreo del suelo. En: Valenzuela, J. (ed.) Uva de mesa en Chile. Libros INIA N° 5. pp 167-176. Instituto de Investigaciones Agropecuaria, INIA La Platina. Santiago. Chile.
- Carrasco, J.; Felmer, S.; y Lemus, G. 2008a.** Frutales: Labor de subsolado de suelos compactados. pp.24-27. Tierra Adentro N° 79. Mayo-Junio. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.
- Carrasco, J.; J. Pastén; J. Riquelme. 2008b.** Manejo de suelos para plantación y replante. p. 45-69. En: Lemus, G. y J. Donoso (ed). "Establecimiento de Huertos frutales". Boletín INIA N° 173. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Rengo, Chile.
- Carrasco, J., y Riquelme, J., 2008.** Rastras. Consideraciones de uso para el manejo de suelos en frutales. Capítulo 2. pp. 13-18. En: Lemus, G. y Carrasco (ed.) Compendio Técnico Proyecto Nudo de Frutales de carozo de exportación. Rengo, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 175. 64 p.
- Carrasco, J.; Antúnez, A.; Lemus, G. 2010.** Conozca cómo es el suelo antes de establecer un huerto frutal. Tierra Adentro N° 88. Enero-Febrero. pp.28-30. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.
- Faiguenbaum, H., 2003.** Labranza. Capítulo I. En: Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A. Santiago, Chile, p. 760
- Fontaine, G. 1988.** Preparación de Suelos. En: Faiguenbaum, H., Producción de cultivos en Chile. pp 1-15. Publicitaria Torrelodones Ltda. Santiago, Chile.
- F.M.O, 1988.** Fundamentos de funcionamiento de maquinaria. Cultivo. Publicaciones de servicio John Deere. Illinois. USA.
- Ibañez, M., y Hetz, E., 1996.** Arados cincles y subsoladores. Boletín de extensión N° 45. Depto de Mecanización y Energía. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán. Universidad de Concepción. Chillán. Chile. pp.43
- Lorca, G.; y Carrasco, J., 1991.** Capacitación en Mecanización y Maquinaria Agrícola. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA) La Platina, Enero-Febrero, N° 63, p.33-39.
- Ormeño, J.; y Carrasco, J., 1999.** El laboreo del suelo y su efecto sobre las malezas. Tierra Adentro N° 29. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Noviembre-Diciembre, p. 40-43.

MANEJO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE HUERTOS FRUTALES

Juan Hirzel C.

*Ingeniero Agrónomo Mg. Sc. Dr.
INIA-Quilamapu*

La materia orgánica de un suelo es un componente muy importante en la productividad de un huerto frutal, dadas todas las ventajas asociadas a esta propiedad del suelo, dentro de las cuales destacan las siguientes (Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel y Rodríguez, 2004; Hirzel *et al.*, 2004; Hirzel *et al.*, 2006; Hirzel *et al.*, 2007a, b, c; Hirzel y Walter, 2008; Hirzel *et al.*, 2009):

- a. Retención de humedad a favor de la planta. A su vez mejora la eficiencia de riego al disminuir las pérdidas por escorrentía superficial y percolación de agua que no es capaz de retenerse después de un riego mal controlado.
- b. Balance de aire (oxígeno) y humedad del suelo, permitiendo una mejor oxigenación para la respiración de las raíces, proceso muy necesario para el continuo crecimiento de una planta.
- c. Capacidad de mantener temperaturas más estables (el aumento en la retención de humedad incrementa la resistencia al cambio de temperatura dada la capacidad calorífica del agua), sobre todo frente a eventos climáticos inesperados que pueden afectar el normal crecimiento y desarrollo de un cultivo. Por ejemplo, suelos arenosos que son afectados por falta de agua pueden subir de manera importante su temperatura en superficie afectando negativamente el crecimiento de raíces superficiales.
- d. Estructura favorable del suelo, participando en la agregación de partículas finas y elementos de agregación de partículas (cationes

como el calcio), de manera tal que mejora la circulación de agua y aire dentro de este suelo.

- e. Capacidad de desintoxicarse frente a la aplicación de compuestos dañinos para la vida del suelo. La materia orgánica permite generar compuestos estables (complejos órgano-minerales y quelatos) con muchos pesticidas y metales pesados en el suelo.
- f. Facilidad de laboreo de un suelo, aumentando la eficiencia de operación de maquinarias e implementos mecánicos.
- g. Facilita el crecimiento de raíces puesto que disminuye la resistencia mecánica del suelo a la exploración del sistema radical.
- h. Aporte nutricional de la totalidad de los elementos esenciales al crecimiento de las plantas en forma equilibrada y de mejor relación con sus necesidades.
- i. Dinámica de entrega de nutrientes acorde a las necesidades de las plantas y en similitud al uso de fertilizantes convencionales.

Permite aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, el uso de enmiendas orgánicas aplicadas sobre la superficie del terreno e incorporadas con una rastra de discos, antes del establecimiento de un huerto frutal, o directamente en el hoyo de plantación de la especie a establecer. Sin embargo, y para efectos del acrecimiento de materia orgánica antes dicha, se requiere que tal aplicación, hecha al hoyo de plantación, deba efectuarse bajo la previsión de evitar que las raíces de las plantas queden en contacto directo con la enmienda, a lo cual se deben sumar, en cada ciclo anual, aplicaciones paulatinas y frecuentes en el huertos frutal establecido.

Las aplicaciones puntuales de estas enmiendas (por ejemplo; 1 vez en un período de 5 años) no logran dicho incremento, puesto que una vez que se ha realizado la aplicación de cualquiera de estas enmiendas, el carbono orgánico aportado es asimilado paulatinamente por la biomasa microbiana del suelo, y aproximadamente 2/3 de este carbono son perdidos como producto de la respiración microbiana. Finalmente, sólo

1/3 del carbono ingresado contribuye a aumentar el contenido de materia orgánica, por lo cual el aumento final en el suelo es muy bajo. A modo de referencia se puede señalar que la aplicación de 10 ton ha⁻¹ de una enmienda orgánica en estado fresco con 30 a 50% de humedad, e incorporada en los primeros 20 cm de suelo, genera un aumento de materia orgánica de 0,06 a 0,12%, según la densidad aparente de este suelo, y una vez que se ha logrado la completa incorporación y humificación de dicha enmienda.

Para estimar la dosis de enmienda orgánica necesaria de aplicar para generar un aumento determinado en el contenido de materia orgánica del suelo, dado la dinámica de los procesos biológicos del suelo, se puede emplear las ecuaciones 1 y 2, que se presentan a continuación:

Ecuación 1.

$$\text{Dosis de MO (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{MO a subir (\%)} * \text{DA (g cc}^{-1}\text{)} * \text{PDM (cm)})}{0,33 (E_f)}$$

Donde:

MO = materia orgánica.

DA = densidad aparente del suelo.

PDM = profundidad de muestreo del suelo en el que se determinó el contenido de materia orgánica.

E_f = 1/3 de lo aplicado que corresponde a la eficiencia estimada de aporte neto de la materia orgánica agregada al suelo, posterior a la asimilación del C ingresado por la biomasa microbiana.

Ecuación 2.

$$\text{Dosis de EMD (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis MO a aplicar (ton ha}^{-1}\text{)} * 10.000}{\% \text{ de MO en la EMD a utilizar} * (100 - \% \text{H}^{\circ} \text{ en EMD)}}$$

Donde :

MO = materia orgánica

EMD = enmienda orgánica a utilizar.

H° = porcentaje de humedad en la enmienda a utilizar.

10.000 = factor de corrección de unidades.

Para aquellas situaciones en las cuales se utilizan dosis definidas de enmiendas orgánicas, el aumento en el porcentaje de materia orgánica del suelo se puede estimar utilizando la ecuación 3.

Ecuación 3.

$$\text{Aumento de la MO del suelo (\%)} = \frac{\text{Dosis EMD (ton ha}^{-1}\text{)} \times \% \text{MO EMD} \times (100 - \% \text{H}_0) \times 0,33}{\text{DA (g cc}^{-1}\text{)} \times \text{PDM (cm)} \times 10.000}$$

Donde :

- MO = materia orgánica
- EMD = enmienda orgánica a utilizar.
- H^o = humedad en la enmienda a utilizar.
- DA = densidad aparente del suelo.
- 10.000 = factor de corrección de unidades.

Así por ejemplo, si un agricultor aplica 20 ton ha⁻¹ de cama de broiler (**Foto 1**) con 30% de humedad y 65% de materia orgánica, incorporado en los primeros 20 cm de un suelo cuya densidad aparente es de 1,4 g cc⁻¹, el aumento en el porcentaje de materia orgánica (ecuación 3) sería el siguiente:

$$\text{Aumento de la MO del suelo (\%)} = \frac{20 \times 65 \times (100 - 30) \times 0,33}{1,4 \times 20 \times 10000} = 0,107\%$$



Foto 1.
Extracción de materia orgánica de cama de broiler, desde un criadero de aves de la Región de O'Higgins.

En este ejemplo, el aumento en el porcentaje de materia orgánica del suelo una vez que ha ocurrido la transformación microbiana de la materia orgánica agregada es de aproximadamente 0,11%, lo cual no se detecta visualmente y es muy difícil de detectar con un análisis químico de suelo de rutina.

Cabe destacar que antes de calcular la dosis de enmienda a utilizar para una situación determinada, se debe contar con un análisis de la partida inicial, dada su alta variabilidad en contenidos de humedad y materia orgánica, como se aprecia en el **Cuadro 1**. Además, el análisis nutricional de la enmienda permitirá determinar también el valor fertilizante de esta enmienda.

Cuadro 1. Contenidos de humedad y de materia orgánica en diferentes enmiendas orgánicas disponibles en el mercado.

Enmienda orgánica	Humedad (%)	Contenido de materia orgánica en la materia seca (%)
Guano de ponedoras	40 – 80	40 – 75
Cama de broiler en estado fresco	20 – 50	70 – 90
Compost de cama broiler	30 – 40	50 – 60
Cama de pavo en estado fresco	40 – 60	70 – 90
Cama de pavo madurada	25 – 40	60 – 80
Bioestabilizado de Cerdo	20 – 30	50 – 70
Guano de bovino en engorda	30 – 80	20 – 80
Guano de lechería	25 – 85	40 – 90
Purines de Lechería	90 – 99	0,1 – 7

La aplicación de enmiendas orgánicas al suelo (**Foto 2**) no sólo contribuye al aumento en el porcentaje de materia orgánica, sino también genera aporte nutricional, por lo cual se debe determinar su valor fertilizante (Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel y Rodríguez, 2004; Hirzel *et al.*, 2004; Hirzel *et al.*, 2006; Hirzel *et al.*, 2007a, b, c; Hirzel y Walter, 2008; Hirzel *et al.*, 2009).

Los estudios de aplicación de enmiendas orgánicas en suelos bajo condiciones de campo y condiciones controladas de laboratorio indican que del total de nutrientes contenidos en la enmienda, la mayoría de los



Foto 2. Aplicación de enmiendas orgánicas a un terreno antes de una plantación frutal.

nutrientes presentan una disponibilidad similar a la obtenida con fertilizantes convencionales, excepto para el nitrógeno (N) y el fósforo (P) (Hirzel, 2007; Hirzel *et al.*, 2007c; Hirzel *et al.*, 2008; Hirzel *et al.*, 2010).

Los nutrientes nitrógeno y fósforo de una enmienda se presentan principalmente en formas orgánicas (ureidos, proteínas, fitatos, entre otros), y su transformación hacia formas asimilables por las plantas depende principalmente de procesos biológicos del suelo.

La composición nutricional de un mismo tipo de enmienda orgánica es variable debido a los siguientes factores:

- Dieta suministrada.
- Suplementos usados en la dieta.
- Tipo de cama utilizada (cuando se usa material de cama).
- Manejo de los planteles.
- Operaciones de almacenaje

De manera ilustrativa, en el **Cuadro 2** se presenta la composición nutricional de las principales enmiendas orgánicas comercializadas actualmente en Chile.

Uno de los componentes de las enmiendas que ha causado mucha preocupación por su efecto como contaminante ambiental, es el N

Cuadro 2. Composición nutricional de diversas enmiendas orgánicas comercializadas en Chile.

Parámetro determinado	Guano Broiler	Guano de Pavo	Guano de Pavo madurado	Bioestabilizado
Humedad (%)	19 - 43	15 - 50	24 - 50	10 - 45
pH	6,9 - 9,1	5,3 - 7,4	5,6 - 8,2	6,8 - 8,6
CE (dS m ⁻¹)	6,0 - 12,0	7,7 - 18,2	10,0 - 29,8	3,2 - 13,4
MO (%)	65 - 70	64 - 85	66 - 83	41 - 60
Relación C/N	6,6 - 16,7	9,0 - 12,8	8,1 - 16	8,8 - 20,6
C total (%)	43 - 44	36 - 47	31 - 41	26 - 41
N total (%)	2,1 - 3,7	3,3 - 4,4	2,3 - 4,5	1,5 - 3,4
N amoniacal (%)	0,31 - 0,65	0,6 - 1,3	0,4 - 1,5	0,7 - 1,3
N nítrico (%)	0,3 - 0,65	0,05 - 0,15	0,06 - 0,5	0,01 - 0,05
P total (%)	0,81 - 2,25	1,7 - 3,1	2,05 - 3,88	2,27 - 3,78
K total (%)	1,2 - 3,7	2,5 - 3,4	3,1 - 3,6	1,0 - 2,0
Ca total (%)	1,3 - 3,1	4,4 - 7,5	4,8 - 7,9	3,2 - 6,4
Mg total (%)	0,33 - 0,65	0,65 - 1,25	1,0 - 1,47	0,96 - 1,88
S total (%)	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,18 - 0,98

Nota: Las concentraciones de materia orgánica (MO) y nutrientes están expresadas en base a peso seco.

amoniacal, el cual al transformarse en amoniaco genera olores desagradables, dada la volatilidad de este gas. El contenido de N amoniacal en las enmiendas es muy variable y está directamente relacionado al pH de la enmienda. Al disminuir el pH de la enmienda se retarda la hidrólisis de los compuestos nitrogenados, reduciendo la volatilidad del amoniaco.

De manera ilustrativa, en la **Figura 1** se presenta el ciclo del N (formas y flujos) proveniente desde la cama de broiler (CB) una vez que es aplicada al suelo.

De manera orientativa, en las **Figuras 2 a 9** se presentan curvas de evolución del pH y conductividad eléctrica, como también disponibilidad de nutrientes, en un suelo franco arcilloso de un valle de aptitud frutícola, incubado en condiciones controladas de laboratorio, los cuales fueron fertilizados con distintas enmiendas orgánicas (guano de broiler, guano de pavo y bioestabilizado) y fertilizantes convencionales en igual dosis de nitrógeno y similares dosis de fósforo y potasio.

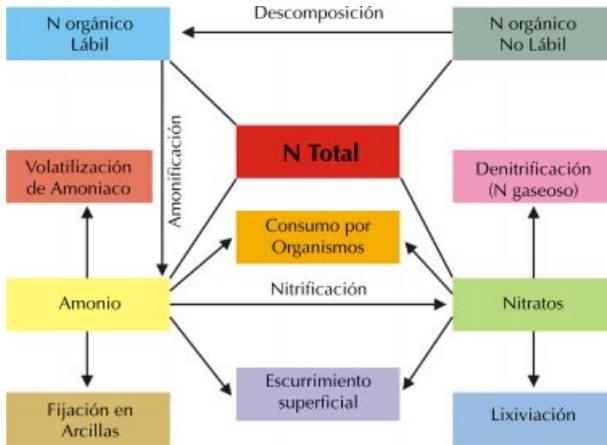


Figura 1. Ciclo del nitrógeno proveniente desde la cama broiler una vez que es aplicado al suelo (Sims y Wolf, 1994).

En la **Figura 2**, se observa que el pH del suelo presenta una evolución normal para las condiciones de manejo de este suelo (incubación), generando un leve incremento durante el primer período de la incubación (liberación de nutrientes solubles con mayor reacción alcalina) y posteriormente una disminución asociada principalmente a la mineralización de la materia orgánica, que genera ácidos orgánicos (ácidos débiles).

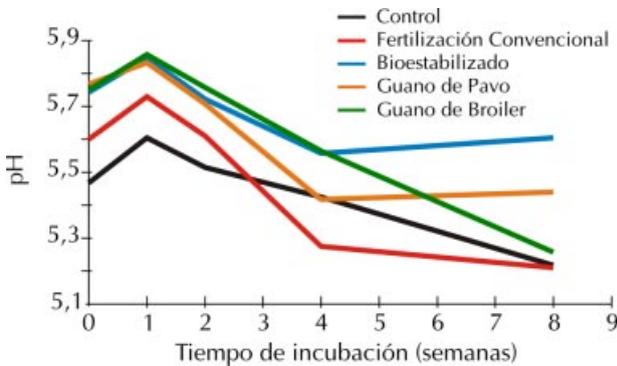


Figura 2. Evolución del pH de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

Respecto a los tratamientos evaluados, la menor acidificación en relación al tiempo inicial o punto de partida, se genera con el uso de enmiendas orgánicas, dados sus aportes adicionales de nutrientes de reacción alcalina como el calcio, magnesio, sodio y potasio, este último también aportado con la fertilización convencional. Por otra parte, la entrega más controlada del nitrógeno a sus formas disponibles (como amonio y luego como nitrato), contribuye a una menor acidificación derivada del proceso de nitrificación (transformación microbiana del amonio hacia nitrato).

En contraste la mayor acidificación del suelo se genera con el uso de fertilizantes convencionales, asociado al uso de urea como fuente de nitrógeno.

En la **Figura 3**, se observa que la conductividad eléctrica (medida de la concentración de sales disueltas) del suelo presenta una evolución casi opuesta a la presentada por el pH. Inicialmente se genera una reducción de la conductividad eléctrica derivado de las reacciones de precipitación de iones liberados con el aporte de nutrientes de los tratamientos de fertilización y de la liberación de nutrientes desde el suelo, como también de la absorción de nutrientes por parte del crecimiento inicial de la biomasa del suelo.

Respecto a los tratamientos evaluados, la menor conductividad eléctrica durante el tiempo en los tratamientos fertilizados, se genera con el uso de enmiendas orgánicas, principalmente debido a que la entrega

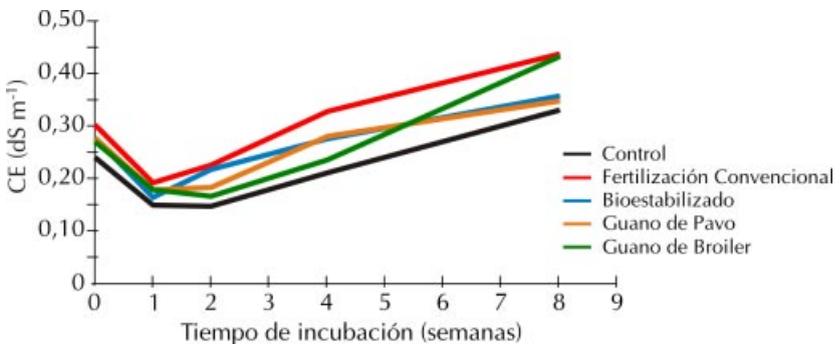


Figura 3. Evolución de la CE de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

del nitrógeno total contenido es controlada en el tiempo (menor concentración de iones amonio y nitrato), como también, a que la liberación de compuestos orgánicos desde estas enmiendas permite formar sales estables (aniones orgánicos + cationes, o uniones de aniones orgánicos + cationes + aniones inorgánicos como complejos) con algunos cationes y aniones del suelo.

Por su parte, el tratamiento control que no recibió fertilización presenta un incremento de la conductividad eléctrica asociado a la mineralización de nitrógeno y la liberación de nutrientes, que se hace acumulativa bajo las condiciones de este experimento.

La **Figura 4**, indica que la entrega de N disponible (amonio + nitrato) en todos los tratamientos es creciente durante el período de duración de este experimento, incluso en el control sin fertilización, dado el aporte de las reservas del suelo a través de los procesos de mineralización.

Respecto a los tratamientos fertilizados, la mayor disponibilidad acumulativa de nitrógeno se presenta con el uso de fertilizantes convencionales (urea en este caso), dada su mayor rapidez de entrega de nitrógeno, en relación a las enmiendas orgánicas, que presentan una

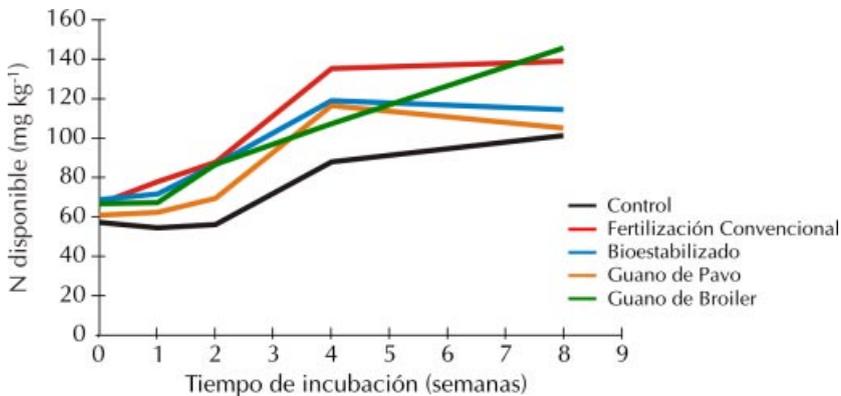


Figura 4. Evolución de la concentración de N disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

fracción importante de su nitrógeno como compuestos orgánicos (Figura 1), cuya entrega es mediada por los procesos biológicos del suelo. Para el período final del experimento, la disponibilidad de nitrógeno fue similar al fertilizar con guano broiler (guano fresco) y urea, dado que esta enmienda orgánica genera una entrega controlada de su nitrógeno, que en la medida que pasa el tiempo permite igualar el aporte de nitrógeno generado por la fertilización convencional.

La **Figura 5**, complemento de la Figura 4, indica que la evolución de N amoniacal fue similar en todos los tratamientos, con un comportamiento en general decreciente en el tiempo, dado que esta forma de nitrógeno es transformada hacia nitrato por algunos microorganismos del suelo. La concentración de amonio en los tratamientos fertilizados con enmiendas orgánicas fue similar en el tiempo y menor al tratamiento convencional (N a la forma de urea), respondiendo a los fenómenos de disponibilidad de nitrógeno discutidos anteriormente (explicación de la figura 4).

La **Figura 6**, que complementa también a la Figura 4, indica que la evolución de N nítrico fue similar en todos los tratamientos y creciente en el tiempo, respondiendo a la transformación microbiológica desde amonio a nitrato.

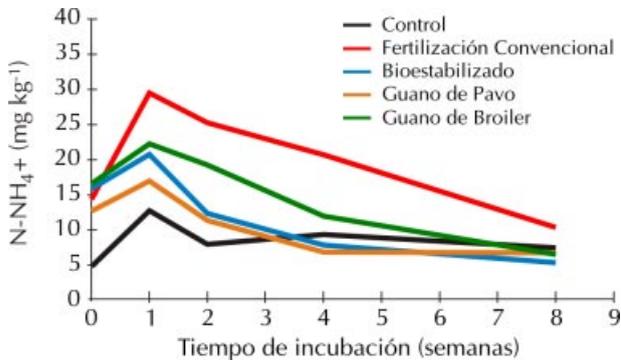


Figura 5. Evolución de la concentración de N amoniacal de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

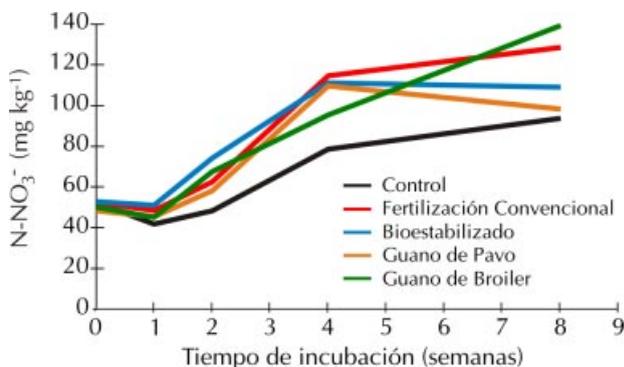


Figura 6. Evolución de la concentración de N nítrico de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

En general, sólo los tratamientos que recibieron guano de pavo y bioestabilizado presentaron una menor concentración final de nitrógeno nítrico que el tratamiento con fertilización convencional. Por su parte, el guano de broiler (guano fresco), presentó una concentración de nitrógeno nítrico similar a la obtenida con la fertilización convencional, para el término del período de evaluación, situación consecuente con lo observado en la Figura 4.

La **Figura 7**, indica que la evolución del fósforo disponible (Olsen) presentó pocas variaciones en el tiempo, dado a que se trata de un nutriente que es fijado intensamente en el suelo, y que esta fijación ocurre principalmente durante las primeras 48 horas después de aplicado. Posteriormente, la concentración de fósforo se estabiliza en el suelo.

Comparativamente la disponibilidad de fósforo fue similar entre la fertilización convencional y el uso de guanos de ave (broiler y pavo), con aportes iniciales similares entre estos tratamientos, lo cual indica una disponibilidad similar para iguales dosis aplicadas. Por su parte, la concentración de fósforo disponible en el tratamiento fertilizado con Bioestabilizado fue muy superior a los demás tratamientos, asociado a la alta concentración de fósforo en esta enmienda orgánica (del orden de 2,5 veces superior a las otras enmiendas), y que para aportes de iguales dosis de nitrógeno, se traduce en una aplicación de fósforo muy superior.

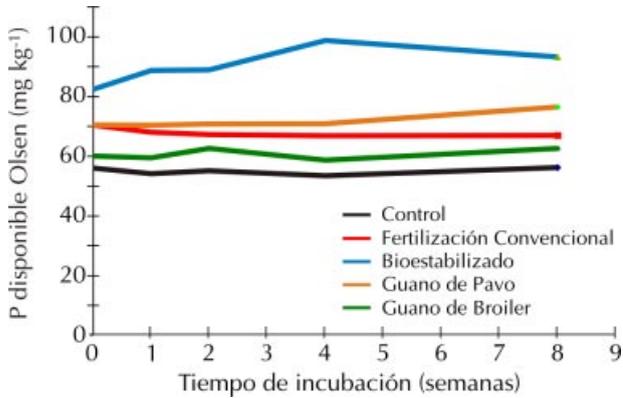


Figura 7. Evolución de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

Por otra parte, el Bioestabilizado corresponde a una enmienda orgánica compostada, por tanto presenta una alta actividad microbiana, dentro de la cual destaca la actividad fosfatasa que permite incrementar la disponibilidad de fósforo nativo desde el suelo.

La evolución en la concentración de potasio disponible (**Figura 8**) fue similar entre los tratamientos de fertilización evaluados, situación esperable dado el uso de similares dosis iniciales de este nutriente y que además el potasio presente en las enmiendas orgánicas forma sa-

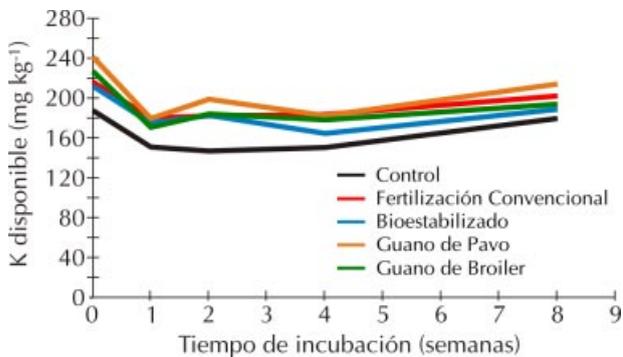


Figura 8. Evolución de la concentración de K disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

les, que presentan una solubilidad similar a la del muriato de potasio empleado en la fertilización convencional.

La **Figura 9**, complemento a la Figura 7, indica que el incremento obtenido en el fósforo disponible fue similar entre el tratamiento con fertilización convencional y el guano de pavo, y levemente inferior con el uso de guano de broiler, lo cual puede responder a las formas orgánicas como se presenta el fósforo en esta última enmienda. Por su parte, con el uso de Bioestabilizado se logra una mayor eficiencia de incremento en el fósforo disponible, lo

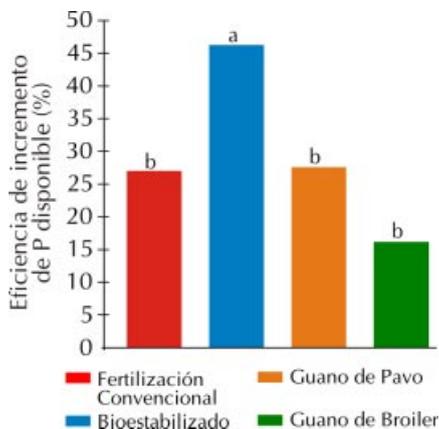


Figura 9. Incremento de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. Letras distintas indican diferencia estadística entre medias según el test DMS ($p < 0,05$).

cual responde a la posible mayor actividad fosfatasa generada con el uso de este compost (situación ya discutida en el análisis de la figura 7) y a la saturación de sitios de fijación de fósforo en el suelo, cuando se emplean dosis altas de este nutriente.

En términos generales, los resultados presentados en las figuras 2 a 9 permiten concluir que la disponibilidad de nutrientes desde diferentes enmiendas es similar a la generada por fertilizantes convencionales, con una menor disponibilidad de N, destacando también un menor efecto en la conductividad eléctrica del suelo.

A su vez, los resultados experimentales indican que la

Mineralización del N orgánico contenido en las enmiendas orgánicas puede ser representado con ecuaciones matemáticas simples (Hirzel, 2007; Hirzel *et al.*, 2010), según se indica a continuación:

$$N \text{ total } (\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = N \text{ inorgánico } (\text{kg ha}^{-1}) + (N \text{ orgánico inicial } (\text{kg ha}^{-1}) \times \text{Tasa de mineralización } (\text{valor decimal}))$$

La cantidad de N inorgánico inicial se obtiene desde el análisis de la enmienda orgánica y corresponde a la suma del N a la forma de amonio (N-NH_4^+) y nitrato (N-NO_3^-). Esta suma normalmente viene expresada en porcentaje, por lo cual la cantidad de N inorgánico se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{N inorgánico (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Enmienda aplicada (Ton ha}^{-1}\text{)} \times \text{materia seca (\% / 100)} \times (\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-) \times 1000 (\% / 100)$$

La tasa de mineralización para las principales enmiendas orgánicas usadas en agricultura se indica en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Tasas de mineralización de N orgánico en diferentes enmiendas orgánicas durante la misma temporada de aplicación.

Enmienda orgánica	Tasa de mineralización anual de N orgánico (%)
Compost	25 – 40
Bioestabilizado de cerdo	40 – 50
Guano de bovinos de engorda	40 – 50
Guanos de broiler y pavo	60 – 70
Guano de Cerdo	60 – 70
Purines de Cerdo	90 – 95

Dada la alta variación cualitativa obtenida en la caracterización de las diferentes enmiendas orgánicas (compuestos orgánicos), para la aplicación de la ecuación planteada es necesario contar con un análisis inicial de la enmienda a utilizar que indique el contenido de nitrógeno total, orgánico e inorgánico (amonio + nitrato).

Por ejemplo, si se aplican 12 toneladas por ha de cama de broiler en estado fresco, con un contenido de humedad de 35%, N total de 3% y N inorgánico de 0,5%, entonces el nitrógeno total aportado con la aplicación incorporada de la cama broiler sería el siguiente:

7.800 kg de materia seca (12 ton * 0,65 * 1.000 kg ton⁻¹).

N orgánico = 2,5% (3% – 0,5%)

$N \text{ total (kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = N \text{ inorgánico inicial (kg ha}^{-1}) + N \text{ orgánico inicial (kg ha}^{-1}) \times 0,65$

$N \text{ total (kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = 7.800 \times 0,005 + 7.800 \times 0,025 \times 0,65 = 166 \text{ kg ha}^{-1}$

Por su parte, la mineralización del fósforo orgánico sigue un patrón similar a la indicada para el N orgánico, ya que los procesos involucrados en su mineralización son similares a los que afectan al N (Hirzel *et al.*, 2010). Sin embargo, al usar compost de cualquier naturaleza, la mineralización del fósforo orgánico es favorecida por la actividad enzimática fosfatasa asociada al crecimiento de biomasa del suelo y a los factores benéficos generados por el incremento en la vida del suelo.

Además del aporte de nutrientes en la misma temporada de aplicación de una enmienda orgánica, también se genera un aporte residual de N para la temporada siguiente, el cual comprende entre el 10 a 15% del N total aplicado (Hirzel *et al.*, 2007b). Por tanto, cuando se usan enmiendas orgánicas todas las temporadas, la dosis de esta enmienda debe reducirse dado el aporte residual de nitrógeno que comienza a ser acumulativo en el tiempo, llegando a una dosis equivalente al 85 o 90% del nitrógeno disponible necesario para el frutal que se desee fertilizar.

Dado que el nitrógeno es uno de los nutrientes cuya dosis a usar en frutales debe ser cuidadosamente determinada, porque los excesos generan desequilibrio vegetativo, mucho vigor, sombreadamiento, menor inducción floral, fruta blanda y de mala postcosecha, la dosis de enmienda a emplear se debe determinar en función de la dosis de nitrógeno que sea necesaria para cada especie frutal y nivel de rendimiento, empleando también técnicas de diagnóstico como el análisis de suelo (N potencialmente mineralizable en el volumen de suelo de mayor uso por las raíces), análisis de agua de riego y análisis de tejidos (hojas y frutos) (Hirzel, 2003; Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel, 2004; Hirzel, 2006; Hirzel, 2008a, b, c, d; Hirzel y Best, 2009).

El **Cuadro 4**, tiene carácter ilustrativo, por tanto para ajustar la dosis real de enmienda a aplicar a cada especie se debe contar con el análisis nutricional de la partida de enmienda orgánica a usar, según sea el caso.

Cuadro 4. Dosis referenciales de enmiendas orgánicas de acuerdo a las necesidades de N según nivel de producción para diferentes especies frutales.

Especie	Producción (Ton ha ⁻¹)	Necesidad de N (kg ha ⁻¹)	Dosis de guano de broiler o pavo (Ton ha ⁻¹)	Dosis de Compost o Bioestabilizado (Ton ha ⁻¹)
Vid vinífera	8	30 – 40	2 – 3	4 – 5
Cerezo	12	60 – 70	4 – 5	8 – 10
Manzano de color	70	80 – 90	5 – 6	10 – 12
Nogales	8	90 – 100	5 – 7	10 – 14
Manzano Verde	90	100 – 120	6 – 8	12 – 15
Uva de Mesa	30	100 – 130	6 – 8	12 – 15
Cítricos	35	130 – 170	7 – 10	14 – 18
Nectarines	35	140 – 170	8 – 10	15 – 20
Paltos	10	150 – 180	8 – 10	15 – 20
Kiwis	40	150 – 180	8 – 10	15 – 20

Fuente: Hirzel (2004), Hirzel (2006), Hirzel (2008d).

BIBLIOGRAFÍA

- Hirzel, J., N. Rodríguez, y E. Zagal. 2003.** Fósforo residual en 2 suelos de origen volcánico consecuencia de aplicaciones de fuentes orgánicas e inorgánicas de fósforo. Actas Simposio de la Sociedad Nacional de la Ciencia del Suelo: Manejo sustentable de suelos chilenos. Universidad De Concepción. Chile. ISSN 0716-6192.
- Hirzel, J. 2003.** Fertilización del cultivo de cerezo. En Riquelme (Ed): Actas Curso de Producción de Cerezas para exportación en fresco. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble, Chillán, Chile.
- Hirzel, J., N. Rodríguez y S. Best. 2003.** Variabilidad estacional del contenido nutricional en manzanas variedad Braeburn. 23 Congreso Agronómico de Chile. Puerto Natales. Chile.
- Hirzel, J. 2004.** Fertilización del cultivo de cerezo. En Joublan y Claverie (Ed): El cerezo Guía Técnica. I.S.B.N. 956-299-072-9. Pág. 209-234.
- Hirzel, J., y N. Rodríguez. 2004.** Disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio desde el guano broiler y fuentes inorgánicas durante un cultivo de maíz. Actas Simposio de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo: Residuos orgánicos y su uso en sistemas agroforestales. Temuco. Chile. ISSN 0716-6192.

- Hirzel, J., N. Rodríguez y E. Zagal. 2004.** Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente orgánica (estiércol de broiler) sobre la producción de maíz y la fertilidad del suelo. *Agric. Téc. Chile* 64 (4):365-374.
- Hirzel, J. 2006.** Diagnóstico nutricional en frutales y vides. Simposio Internacional de las Ciencias del Suelo. Arica. Chile.
- Hirzel, J., M.C. Cartagena, and I. Walter. 2006.** Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production, nitrogen uptake and soil properties. 6th International Congress of Chemistry "Chemistry and Sustainable Development". Vol. 2. T4-125. p. 622-623.
- Hirzel, J., I. Matus, F. Novoa and I. Walter. 2007.** Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production and nutrient uptake. *Spain J. Agric. Res.* 5(1):102-109.
- Hirzel, J. 2007.** Estudio comparativo entre fuentes de fertilización convencional y orgánica, cama de broiler, en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España. 139 p.
- Hirzel, J., I. Walter, P. Undurraga and M. Cartagena. 2007.** Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. *SSPN* 53:480-488.
- Hirzel, J., P. Undurraga, e I. Walter. 2007.** Mineralización de nitrógeno y disponibilidad de fósforo, potasio y micronutrientes en un suelo volcánico enmendado con cama de broiler. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. 17 al 21 de septiembre. León, Guanajuato, México. Páginas 71-74.
- Hirzel, J. 2008.** (Editor). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** El suelo como fuente nutricional. Pág. 49-83. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** El agua como fuente nutricional. Pág. 85-105. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** Principios de fertilización en frutales y vides. Pág. 219-251. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J., and I. Walter. 2008.** Availability of nitrogen, phosphorous and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68(3):264-273.

- Hirzel, J., F. Novoa, P. Undurraga and I. Walter. 2009.** Short-term effects of poultry litter application on silage maize (*Zea mays* L.) Yield and soil chemical properties. *Compost Science and Utilization* 17(3):189-196.
- Hirzel, J., and S. Best. 2009.** Effect of two rootstocks on the seasonal nutritional variability of Braeburn apple. *International Plant Nutrition Colloquium*. Paper 1375. Davis, California, USA.
- Hirzel, J., P. Undurraga and I. Walter. 2010.** Mineralization of nitrogen and nutrients released in a volcanic soil amended with poultry manure. *Chilean J. Agric. Res.* Article accepted *In press*.
- Sims, J.T., and D.C. Wolf. 1994.** Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Adv. Agron.* 52:1-83.

