



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**MANEJO Y PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS  
DEL SUELO PARA UN DESARROLLO  
SUSTENTABLE DEL SECANO**

EDITORES: JORGE RIQUELME S.  
CLAUDIO PÉREZ C.  
SHIGEHICO YOSHIKAWA



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN QUILAMAPU  
CHILLÁN - 2004



## PRÓLOGO

En Chile Central, el área del secano interior corresponde a un gran agroecosistema que comprende los sectores no regados de la depresión central y la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa (aproximadamente 2 millones de ha entre los paralelos 30° y 37° LS). En este extenso territorio viven aproximadamente 300.000 habitantes.

Como consecuencia de los manejos inapropiados de suelo a que ha sido sometida esta zona por más de cuatro siglos, es que hoy se encuentra en precario estado de deterioro ambiental. Esto se evidencia por los altos grados de erosión del secano, bajos índices de fertilidad de suelos, reducidos niveles productivos, y por lo tanto mínimos ingresos familiares en sus habitantes, lo que implica bajos indicadores socioeconómicos producto del círculo de pobreza en que se encuentran inmersos. A esta problemática hay que sumar el alto grado de minifundio y el envejecimiento de la población producto de la migración de los jóvenes.

La edición del Boletín “Manejo y practicas conservacionistas del suelo para un desarrollo sustentable del secano”, reúne la experiencia y el trabajo de investigadores del INIA y de la JICA, efectuados en la localidad de San José en la Comuna de Ninhue, ubicada en el Secano Interior de la VIII Región.

De acuerdo a la problemática en el Secano Interior, expuesta anteriormente, se propone mediante este manual un nuevo uso del suelo y rotación de cultivos tradicionales, cuyo establecimiento debe estar basado en la cero labranza, lo cual permita bajar drásticamente los niveles anuales de perdidas de suelo e incrementar la frecuencia de los cultivos sobre ellos y por consiguiente aumentar el nivel de productividad de los mismos.

El concepto de “desarrollo sustentable”, incluyendo el contexto económico social y ambiental, fue introducido en los años ochenta y definido como “desarrollo que satisface las necesidades de generaciones actuales sin comprometer la posibilidad de las futuras generaciones”.

De esta manera, la estrategia técnica para el manejo de los recursos naturales que se han tenido en cuenta en este manual para la búsqueda de un desarrollo sustentable para la región del Secano Interior, ha contemplado los siguientes aspectos:

- reducir la presión de uso agrícola sobre áreas ecológicamente frágiles
- implementar sistemas de manejo que posibiliten un aumento de la cobertura permanente de la superficie del suelo, en especial de los sectores con más pendiente
- utilización de sistemas de cultivo que reduzcan o eviten la inversión del suelo y que sean realizados de acuerdo a la pendiente de este
- estimular el uso de practicas agroecológicas y

-utilizar la microcuenca hidrográfica como unidad de planeamiento y ejecución de prácticas conservacionistas recomendadas.

El presente boletín se divide en diez capítulos. El primero se trata de un estudio de suelo de la comuna de Ninhue, que abarcó el 85% de la superficie de esta zona. Un segundo gran tema es la degradación de los suelos del secano, lo cual se trata en los capítulos sobre las propiedades del suelo y la causa de su degradación por erosión, la evaluación de las propiedades químicas y físicas de dos Mínima Microcuenca (MMC), los mayores problemas de suelo encontrado en la localidad de San José, así como sus soluciones y los resultados de la evaluación de erosión efectuadas en la Parcela Demostrativa del Proyecto CADEPA (PECA). La temática sobre alternativas conservacionistas para la producción agropecuaria, se trata en los capítulos sobre la maquinaria y equipos requeridos para la implementación del manejo conservacionista de suelo, las recomendaciones de manejo de cultivos para la implementación de la cero labranza y las recomendaciones para el control de malezas en cero labranza. En el penúltimo capítulo se dan conocer alternativas tecnologías para el manejo agroforestal de los suelos con pendientes mayores a un 20%. Un último capítulo trata sobre el manejo y control de cárcavas, y presenta las recomendaciones técnicas de los expertos que fueron llevadas a la práctica por un grupo de productores de San José.

Finalmente, como investigadores de INIA y expertos de JICA, esperamos que la experiencia vertida en este Boletín, sirva para entender mejor el comportamiento del Secano y decidir por aquellas tecnologías más apropiadas a esta zona agroecológica.

Jorge Riquelme Sanhueza  
Editor

## CAPÍTULO 1

### ANTECEDENTES GENERALES DE LOS SUELOS DEL SECANO INTERIOR Y FERTILIDAD DE SUELOS DE LA COMUNA DE NINHUE.



#### **Autores**

Pablo Undurraga Díaz

Nicasio Rodríguez Sánchez

Shigehiko Yoshikawa

Marcelino Claret Merino

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

# **ANTECEDENTES GENERALES DE LOS SUELOS DEL SECANO INTERIOR Y FERTILIDAD DE SUELOS DE LA COMUNA DE NINHUE.**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

La amplia zona que constituye el Secano Interior de la VIII región está formada por suelos derivados de materiales graníticos, que se ubican en posición topográfica de cerros y/o lomajes. Las pendientes de los suelos aptos para ser utilizados en cultivos son aquellos que se presentan moderadas a fuertemente onduladas y que tienen valores que fluctúan entre 9 y 20%. Existen pequeños sectores de pendientes onduladas a suavemente onduladas entre 2 a 8%, las que permiten el establecimiento de cultivos bajo riego.

La comuna de Ninhue tiene una superficie de 39.000 hectáreas físicas y que debido a sus características agroclimáticas y de topografía presenta una aptitud eminentemente forestal, ganadera, cultivos anuales, fruticultura y establecimiento de viñedos

Los suelos, hasta una profundidad de 30 cm, presentan un color pardo oscuro y texturas francas a franca arcillosa y también es posible encontrar suelos de color pardo rojizos de textura arcillosa a mayor profundidad en el perfil. Los orígenes de los suelos son diferentes; y se pueden dividir en derivados de rocas metamórficas (Series Constitución, Pocillas, Maule), de rocas graníticas (Cauquenes, San Esteban) y de posición baja (Quella, Unicaven, Vegas).

Debido a que existen limitaciones en cuanto a las pendientes, solamente un pequeño porcentaje de los suelos son arables, sin riesgo de erosión hídrica en aquellos de pendientes menores al 8%. En los que presentan pendientes mayores, es recomendable considerar el uso de prácticas conservacionistas, entre las que se destacan la siembra directa sin laboreo del suelo o cero labranza, cultivos en fajas o contornos, la incorporación de residuos vegetales y una adecuada rotación de cultivos.

El estudio de las series de suelos de la Comuna de Ninhue, se hizo en base a una calicata por cada 100 hectáreas de suelo, hasta cubrir el 85% de las 39.000 hectáreas de la comuna, en un lapso de tres años, quedando aún pendiente analizar el 15% de la superficie. En las calicatas, se describieron y tomaron muestras de los tres primeros horizontes para analizar sus propiedades químicas y físicas.

En este capítulo, se describirán principalmente las características del primer y segundo horizonte, ya que es el que afecta directamente la actividad productiva. Se han confeccionado mapas de las principales propiedades de fertilidad del primer horizonte.

## 1.2. PAISAJE Y TOPOGRAFÍA

El secano interior de la VIII región es una importante área agro ecológica ubicada en la vertiente oriental de la cordillera de la costa y los sectores no regados del valle central, es una región homogénea que se extiende entre la VII y VIII región abarcando una superficie aproximada de 1.600.000 hectáreas, (del Pozo y del Canto, 1999).

La topografía predominante es levemente ondulada a fuertemente ondulada (Foto 1.1), con pendientes que en muchos casos limitan o restringen el uso los suelos para determinados cultivos o prácticas agrícolas en un sistema productivo intensivo (Foto 1.2.). Los suelos son derivados de rocas metamórficas y rocas graníticas, y presentan texturas que varían desde franco-arcillo arenosa a arcillosas.



**Foto 1.1. Vista general del paisaje y topografía del secano interior de la comuna de Ninhue.**



**Foto 1.2. Sistemas de cultivo tradicional del secano, que contribuye a la erosión y deterioro del suelo**

La vegetación nativa está constituida principalmente por espinos (*Acacia caven*), y vegetación arbustiva y herbácea, en la cual predominan las siguientes especies compuestas (*Leontodón* sp. *Crepis capillaris*, etc.) gramíneas (*Ballicas*, *Brisa* sp., *Bromus* sp). y algunas leguminosas (*Trifolium* sp., *Medicago* sp.) y geraniáceas (*Erodium* sp.).

La agricultura es fundamentalmente de secano, siendo los principales cultivos: trigo, lupino, arveja y lenteja. La ganadería está constituida por ovinos y bovinos, que utilizan praderas naturales permanentes y en rotación con trigo. También existen algunas praderas establecidas con especies forrajeras como trébol subterráneo y de ballica perenne en menor proporción.

### **1.3. LOS SUELOS SUS MATERIALES DE ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS**

Los suelos del sector de San José se clasifican en tres grandes grupos: suelos derivados de rocas graníticas, suelos derivados de rocas metamórficas y suelos arcillosos (argílicos).

**1.3.1 Suelos derivados de rocas graníticas.** Constituidos por rocas en descomposición avanzada hasta gran profundidad, factor que incide fuertemente en el estado actual de erosión y la susceptibilidad que presentan a la erosión hídrica. Generalmente están ubicados en posiciones en altura Serie San Esteban, Posición intermedia en altura Serie Cauquenes y aquellos que se encuentran en las posiciones bajas de vegas Series Quipato y Garzas.

**1.3.2. Suelos derivados de Rocas Metamórficas.** En posiciones de gran pendiente y también en suelos con ondulaciones. Lo constituyen suelos derivados de rocas metamórficas muy intemperizadas, en profundidad se encuentran rocas muy descompuestas de alto contenido de sílice. La Serie de suelos de mayor importante es Pocillas.

**1.3.3. Suelos Arcillosos (Argílicos).** Se encuentran en posiciones bajas, con topografía plana y de gran uniformidad (Vegas). Poseen alto contenido de arcillas en todo el perfil de color gris oscuro, con un substrato de toba muy impermeable y drenaje imperfecto.

### **1.4. MAPAS DE SERIES DE SUELOS DE NINHUE.**

De acuerdo al "Estudio agrológico de suelos de la Octava Región", Tomo I y II, efectuados por el CIREN, las series de suelo que se encuentran en la comuna de Ninhue son: la Serie Canosa (CNS), Serie La Cucha (LCC), Serie Ninhue (NNH), Serie San José de Puyaral (SJP), Serie Trilico (TRL), Serie Asociación Caripilún (CR) y Serie Asociación Pocillas (PO). A continuación se describen las características de estas series y en el Mapa 1.1. se presenta la distribución de éstos para la comuna de Ninhue.

### 1.4.1 SERIE CANOSA (CNS)

La Serie Canosa es un miembro de la Familia fina, smectítica, térmica de los Typic Haploxererts (Vertisol). Son suelos con características vérticas, atenuadas en sectores por los depósitos graníticos superficiales recientes, que cubren el suelo arcilloso e impiden que las grietas que se forman alcancen a la superficie hasta bien entrado el verano. Los suelos son moderadamente profundos a profundos, de drenaje imperfecto, formados a partir de sedimentos aluviales mezclados con aporte de materiales Graníticos; estos sedimentos fueron depositados en condiciones de aguas tranquilas, posiblemente lacustrinas. Los colores gradan entre el pardo grisáceo muy oscuro en superficie, en el matiz 10YR y el gris oscuro en el matiz 2.5Y. Los horizontes con texturas arcillosas muestran estructura prismática gruesa fuerte que se hacen macizas en los suelos profundos. Hay gravilla de cuarzo común en todos los horizontes. Entre los 15 y los 100 cm de profundidad hay abundantes slickensides. El drenaje del suelo es imperfecto y la permeabilidad lenta.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 0 – 15cm<br>Ap                  | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, pardo (10YR 5/3) en seco; franco arcilloso limosa; plástico y adhesivo; duro, friable; estructura de bloques subangulares medios y finos, moderados. Raíces finas comunes; poros finos abundantes. Moteados de óxidos de hierro comunes. Límite lineal, abrupto.  |
| 15 – 60cm<br>B <sub>wss1</sub>  | Gris muy oscuro (2.5Y 3/1) en húmedo; gris oscuro (2.5Y 4/1) en seco; arcillosa; muy plástico y muy adhesivo; muy firme, extremadamente duro; estructura prismática gruesa, fuerte. Raíces finas y medias comunes entre agregados y también en el interior de ellos. Poros finos y muy finos abundantes. Slickensides abundantes que se intersectan. Gravilla de cuarzo común. Límite lineal, abrupto.  |
| 60 – 100cm<br>B <sub>wss2</sub> | Negro (2.5YR 2.54/1) en húmedo; gris muy oscuro (2.5Y 3/1) en seco; arcillosa; muy plástico y muy adhesivo; muy firme, muy duro; macizo. Raíces finas escasas en grietas y también en el interior de la matriz del suelo. Poros muy finos abundantes. Grietas de 1 a 2 cm de ancho se abren desde la base del horizonte hasta los 40 cm de profundidad. Slickensides abundantes que se intersectan. Gravilla de cuarzo común. Límite lineal, claro. |
| 100– 130cm<br>BC                | Gris oscuro (2.5Y 4/1) en húmedo; arcillosa; muy plástico y muy adhesivo; muy firme, muy duro; macizo. No se observan raíces. Gravilla de cuarzo común. Fragmentos de toba de 0.5 a 1 cm de diámetro de color gris pardusco claro (2.5Y 6/2). Límite irregular.   |
| 130 – 140cm<br>C                | Oba de color gris pardusco claro (2.5Y 6/2)   |

### 1.4.2 SERIE LA CUCHA (LCC)

La Serie La Cucha es un miembro de la Familia franca gruesa, mixta, térmica de los Fluventic Xerochrepts (Inceptisol).

Son suelos profundos, de drenaje moderado, derivados de materiales graníticos que se presentan ocupando valles intermontanos de la Cordillera de la Costa o pequeñas terrazas aluviales asociadas a esteros tributarios de esta Cordillera. Son suelos de colores pardo grisáceo muy oscuro en superficie y pardo grisáceo oscuro en profundidad tendiendo en la parte baja de subsuelo a gris oscuro, todos en matiz 10YR, los cromas decrecen de 1 a 2 y los valores son 3 ó 4; texturas moderadamente finas, franco arcillo arenosa fina en los primeros 30 ó 40 cm y franco arcillo arenosa en profundidad. Las primeras presentan estructuras de bloques subangulares finos, moderados, las segundas son macizas. Las raíces finas son comunes hasta 65 cm y escasas hasta los 155 cm y más, la porosidad es abundante y los suelos presentan moteados de intensidad variable entre 65 y 95 cm cuando son profundos y alrededor de los 50 cm cuando son de drenaje imperfecto. Los suelos son de pendiente simple, topografía plana y presentan una permeabilidad moderadamente lenta y un escurrimiento superficial moderado.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| 0 – 16cm<br>A <sub>1</sub>  | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenosa fina; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; duro, friable; estructura de bloques subangulares finos, moderados. Raíces finas comunes; poros finos y medios abundantes. Límite lineal, claro.                             |
| 16 – 34cm<br>A <sub>2</sub> | Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; franco arcillo arenosa fina; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; duro, friable; estructura de bloques subangulares finos, moderados. Raíces finas comunes; poros finos y medios abundantes. Límite lineal, claro.                                 |
| 34 – 63cm<br>AB             | Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; franco arcillo arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; duro, friable; macizo. Raíces finas comunes; poros finos y medios abundantes. Límite lineal, gradual.   |
| 63 – 95cm<br>B <sub>1</sub> | Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; franco arcillo arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; duro, friable; macizo. Raíces finas escasas; poros finos y medios abundantes. Moteados escasos, finos, prominentes, de color pardo rojizo (5YR 4/4), abrupto. Límite lineal, gradual. |
| 95 - 155<br>B <sub>2</sub>  | Gris oscuro (10YR 4/1.5) en húmedo; franco arcillo arenosa, ligeramente plástico y adhesivo; duro, friable; macizo. Raíces finas escasas; poros finos y medios abundantes.   |

### 1.4.3. SERIE NINHUE (NNH)

La Serie Ninhue es un miembro de la Familia franca fina, mixta, térmica de los Fluvaquentic Eutrochrepts (Inceptisol).

Son suelos aluviales, profundos, de drenaje imperfecto, formados bajo condiciones de humedad excesiva a partir de materiales graníticos depositados en las planicies de inundación del río Lonquén y sus afluentes. Los colores son pardo grisáceos oscuro en matiz 10YR asociados a texturas moderadamente finas hasta los 100 cm, en profundidad predominan colores grises en matices 2.5Y ó 7.5YR y las texturas son medias, bien estructuradas y con un arraigamiento común, asociada a una porosidad del mismo tipo y a una característica de mojadura difícil del suelo. La topografía es plana aunque los sectores próximos a las terrazas altas o a los cerros son ligeramente inclinados. La permeabilidad es lenta y el escurrimiento superficial moderado.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 0 – 17cm<br>A <sub>p</sub>  | Pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; pardo (10YR 5/3) en seco, franca, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; firme en húmedo y duro en seco; estructura de bloques angulares gruesos, fuertes.. Raíces finas comunes; poros finos comunes. Moteados escasos, gruesos, prominentes (5YR 4/3), abrupto. Límite lineal, claro.  |
| 17 – 53cm<br>A <sub>2</sub> | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo con 50% de manchas pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo, pardo (10YR 5/3) en seco; franco limosa a franco arcillo limosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo y duro en seco; estructura de bloques angulares gruesos, fuertes, que se parten en bloques angulares finos, fuertes. Raíces finas escasas y raíces medias escasas; poros finos abundantes y medios comunes. Gravilla angular de cuarzo aislada. Límite lineal, claro. |
| 53 – 65cm<br>AB             | Pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo y ligeramente duro en seco; macizo. Raíces finas comunes; poros finos abundantes. Moteados abundantes, gruesos, prominentes (5YR 4/4), abruptos. Gravilla angular de cuarzo escasa. Límite lineal, claro.   |
| 65 – 95cm<br>B <sub>1</sub> | Pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo y pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo, gris oscuro (10YR 4/1) en seco, con manchas irregulares que constituyen el 40% del color, pardo oscuro (7.5YR 4/2) en seco; franco arcillo limosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo y ligeramente duro en seco; macizo. Raíces medias y gruesas escasas; poros finos abundantes. Gravilla de cuarzo escasa. Límite lineal, gradual.  |
| 95–120cm<br>B <sub>2</sub>  | Pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo con manchas pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; arcillo limosa; plástico y adhesivo; friable en húmedo; macizo. Raíces medias escasas y no se ven raíces finas; poros finos abundantes. Gravilla de cuarzo escasa. Límite lineal, gradual.   |
| 120–160cm                   | Gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo y gris (5Y 5/1) en húmedo; arcillo limosa; plástico y  |

|                |   |
|----------------|---|
| B <sub>3</sub> | adhesivo; ligeramente firme en húmedo; macizo. Raíces finas y medias escasas; poros finos y medios abundantes. Gravilla de cuarzo escasa. |
| 160cm y más    | Substrato aluvial de gravas, piedras y material franco arcillo arenoso (20%). No hay raíces.  |

#### 1.4.4. SERIE SAN JOSÉ DE PUYARAL (SJP)

La Serie José de Puyaral pertenece a la Familia franca fina, mixta, térmica de los Typic Durochrepts (Inceptisol).

Son suelos delgados, bien evolucionados, formados sobre sedimentos aluviales mezclados con aporte moderado de material granítico y que descansan sobre una arenisca granítica extremadamente dura, entre el suelo y la arenisca existe un duripán de 1 a 2 mm de espesor. Los suelos son planos y presentan una cubierta vegetal (espinos) rala, las condiciones de drenaje se encuentran fuertemente restringidas ya que durante el período invernal, el nivel freático alcanza hasta la superficie, durante el periodo de verano los suelos son una verdadera yesca, desprovistos casi por completo de humedad aprovechable. El color de los suelos es pardo rojizo oscuro en matices 5YR y la textura es franco arcillo limosa y arcillosa en profundidad con estructuras prismáticas, arraigamiento escaso que alcanza hasta la arenisca. La permeabilidad es lenta a muy lenta y el escurrimiento superficial es moderadamente rápido.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|           |  |
|-----------|--|
| 0 – 10cm  | Pardo rojizo oscuro (5Y 3/2) en húmedo, gris rojizo (5YR 5/2) en seco; franco limosa; A <sub>1</sub> plástico y muy adhesivo; duro, firme; macizo. Raíces finas comunes; poros finos abundantes. Límite lineal, claro.   |
| 10 – 16cm | Pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo, gris rojizo (5YR 5/2) en seco; franco arcillosa; B <sub>1</sub> muy plástico y muy adhesivo; muy duro, muy firme; estructura de bloques angulares medios y gruesos, fuertes. Raíces finas escasas principalmente por caras de agregados, algunas raíces en interior de agregados; poros finos comunes. Límite lineal, abrupto.                        |
| 16 – 32cm | Pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en húmedo; franco arcillosa a arcillosa; muy plástico y muy B <sub>2</sub> adhesivo; extraordinariamente duro, muy firme; estructura prismática gruesa, fuerte, que se parte en prismas medios o finos, fuertes. Raíces se distribuyen por caras de agregados y al llegar al duripán se distribuyen lateralmente; poros finos comunes. Límite ondulado, abrupto. |
| 32 – 70cm | Arenisca de materiales granítico, fuertemente cementada. No penetran las raíces ni el C <sub>qm</sub> agua. Hay un duripán de 1 ó 2 mm en la superficie de la arenisca y separándola del suelo. Dentro de la arenisca hay grietas que se rellenaron con arcilla de los horizontes superiores y en ella hay raíces, las grietas son alargadas y de escaso espesor.                              |

#### 1.4.5. SERIE TRILICO (TRL)

La Serie Trilico es un miembro de Familia fina, mixta, térmica de los Typic Rhodoxeralfs (Alfisol).

Son suelos bien evolucionados derivados de materiales mezclados con un alto contenido de cuarzo retransportados por agua y que descansan sobre materiales de origen fluvio-glacial altamente meteorizados y que también ha sufrido proceso de retransporte, evidenciado en gravas y piedras frescas sin muestras de alteración tanto en el suelo como en el substrato.

Son suelos profundos, bien drenados que ocupan la posición más alta dentro de una topografía de lomajes con pendientes dominantes de 1 a 3% y de 2 a 5% con caídas violentas de 10 a 20%, hacia los esteros o a las planicies aluviales más recientes. El color del suelo es pardo rojizo oscuro en todo el pedón dominando los matices 2.5YR con excepción de la superficie que presenta matices 5YR; la textura es arcillosa tanto en los horizontes A como en los horizontes B, siendo deficientes las condiciones de estructura de los suelos excepto en la superficie; la porosidad es abundante aunque los poros son finos y el arraigamiento se hace deficiente por debajo del metro. La permeabilidad del suelo es moderadamente lenta no está impedida en ningún horizonte. La susceptibilidad a la erosión puede considerarse moderada.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 0 – 17cm<br>A <sub>p</sub>     | Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, pardo rojizo (5YR 4/4) en seco; franco arcillosa a arcillosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; friable en húmedo; estructura de bloques angulares finos, moderados. Raíces finas comunes; poros finos abundantes. Límite lineal, claro.  |
| 17 – 44cm<br>B <sub>1</sub>    | Pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4) en húmedo; (5YR 3/4) amasado; arcillosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo; estructura de bloques subangulares medios, moderados. Raíces finas escasas; poros finos abundantes. Límite lineal, gradual.  |
| 44 – 66cm<br>B <sub>t1</sub>   | Pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4) en húmedo, rojo amarillento (5YR 3/5) amasado; arcillosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo; estructura de bloques subangulares medios, moderados. Raíces finas escasas y algunas raíces medias; poros finos abundantes. Límite lineal, gradual.   |
| 66 – 105cm<br>B <sub>t2</sub>  | Pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4) en húmedo, pardo rojizo (5YR 4/4) amasado; arcillosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo; estructura prismática media y gruesa, fuerte. Raíces medias escasas; poros finos abundantes. Manchas negras (2.5YR 2/1) comunes, correspondientes a gravas alteradas. Límite ondulado, gradual.         |
| 105 – 140cm<br>B <sub>t3</sub> | Pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4) en húmedo, pardo rojizo (5YR 4/4) amasado; arcillosa; plástico y adhesivo; firme en húmedo; estructura prismática media y gruesa, fuerte. Raíces finas aisladas; poros finos abundantes. Manchas de color pardo rojizo oscuro (5YR 2/2), escasas, con un halo exterior rojo amarillento (5YR 5/6). Recubrimientos |

continuos de arcilla en las caras de los agregados y en las paredes de los canales de raíces. Límite lineal, gradual.

140 – 150cm  
B<sub>t4</sub> Pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4) en húmedo, rojo amarillento (5YR 4/6) amasado; arcillosa; plástico y adhesivo; firme en húmedo; macizo. Raíces no hay; poros finos comunes. Gravilla angular de cuarzo cubierta por películas de arcilla, al igual que los poros. Manchas comunes de color pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) y halo exterior pardo rojizo (5YR 5/6).

#### 1.4.6. ASOCIACIÓN CARIPILÚN (CR)

El pedón representativo de uno de los componentes de la Asociación Caripilún es un miembro de la Familia arcillosa, mixta, isométrica de los Umbric Dystrochrepts (Inceptisol).

Son suelos delgados a moderadamente profundos y formados a partir de arenisca de grano fino. Suelo de textura franco arcillosa, de color pardo rojizo oscuro en la superficie y textura franco arcillo limosa, de color pardo a pardo oscuro en profundidad. Descansa sobre un sustrato constituido por arenisca, muy meteorizada; de color amarillento con bandas de color rojo y que permite el desarrollo radicular en profundidad. Ocupan una posición de cerros, con pendientes abruptas.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

0 – 30cm  
A<sub>1</sub> Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, franco arcillosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; friable en húmedo; estructura de bloques subangulares finos que se parten en granular. Raíces finas, medias y gruesas abundantes; poros finos y medios abundantes; actividad biológica común. Mica escasa. Límite ondulado, claro.

30 – 52cm  
B Pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limosa; plástico y adhesivo; friable en húmedo; estructura de bloques angulares y subangulares finos, débiles, que se parten en muy finos. Raíces finas y medias comunes; poros finos y medios abundantes y gruesos comunes; actividad biológica común. Cutanes discontinuos abundantes. Cristales de mica escasos. Incluye trozos de arenisca fina, meteorizada. Límite ondulado, abrupto.

52 – 70cm  
y más  
C Substrato constituido por arenisca discontinua, muy meteorizada, de color amarillento con bandas rojizas. Minerales de mica comunes y el resto muy meteorizado. Matriz de textura franco arcillo limosa que constituye el 30% del volumen del sustrato, de color pardo fuerte, (7.5YR 5/6). Raíces finas y medias comunes.

#### 1.4.7 ASOCIACIÓN POCILLAS (PO)

El pedón representativo de uno de los componentes de la Asociación Pocillas es un miembro de la Familia fina, mixta, térmica de los Mollic Palexeralfs (Alfisol).

Suelo desarrollado "in situ" a partir de rocas metamórficas, profundo, de textura franco arcillosa, de color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en la superficie y textura arcillo limosa de color rojo amarillento en el matiz 5YR en profundidad. Descansa sobre un substrato de rocas muy meteorizadas con matriz arcillosa que permite el desarrollo radicular en profundidad. Presenta grava angular tanto meteorizada como fresca bajo los 50 cm de escasa a común. Ocupa una posición de lomajes y cerros en la vertiente oriental de la cordillera de la Costa. Suelo bien estructurado, de texturas que permiten un buen almacenamiento de agua, de permeabilidad moderada y buen desarrollo radicular en todo el perfil.

#### Características Físicas y Morfológicas del Pedón

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 0 – 26cm<br>A <sub>1</sub>   | Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo, franco arcillo limosa; plástico y adhesivo; friable en húmedo y firme en seco; estructura de bloques subangulares medios, débiles, que se parten en bloques subangulares finos. Raíces finas abundantes y medias comunes; poros gruesos, medios y finos abundantes; actividad biológica escasa. Límite lineal, claro.  |
| 26 – 54cm<br>B <sub>11</sub> | Rojo amarillento (5YR 5/6) a pardo pálido (7.5YR 4/6) ambos colores en húmedo; franco arcillo limosa; ligeramente plástico y adhesivo; friable en húmedo y ligeramente duro en seco; estructura de bloques angulares medios, débiles, que se parten en granular. Raíces medias y finas comunes; poros finos y medios abundantes; actividad biológica moderada. Gravilla angular fresca y meteorizada común. Límite ondulado, claro.   |
| 54 -115cm<br>B <sub>12</sub> | Rojo amarillento (5YR 5/6) un 30% y 70% de pardo rojizo (5YR 4/4) ambos colores en húmedo; arcillo limosa, muy plástico y muy adhesivo; friable en húmedo y duro en seco; estructura de bloques angulares medios, fuertes. Raíces finas comunes y medias escasas; poros finos y medios comunes. Cutanes de arcilla discontinuos, delgados, comunes. Aportes de limo en poros. Grava angular meteorizada común y fresca escasa. Gravilla muy meteorizada común. Límite ondulado, quebrado. |
| 115 – 160cm<br>C             | Substrato constituido por rocas meteorizadas que rompen en ángulos rectos con pátina ferromanganesica. Matriz de textura arcillo limosa de color rojo que constituye entre el 20 a 30% del volumen del substrato en bolsones irregulares. Abundante gravilla fina angular muy meteorizada. Raíces finas y medias escasas. Bajo este substrato, rocas porfiríticas muy meteorizadas que se parten en ángulos rectos con pátina de hierro y manganeso.                                      |

### **1.5. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA COMUNA DE NINHUE**

Para efectuar el estudio de las propiedades químicas de los suelos de la comuna de Ninhue, se utilizaron las muestras de suelos tomadas en las calicatas.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire por 24 horas hasta peso constante y tamizadas a 2 milímetros, luego se determinó: pH, materia orgánica, nitrógeno disponible, fósforo Olsen, calcio, magnesio, potasio y sodio de intercambio, capacidad efectiva de intercambio de cationes (CICE), hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y azufre disponible. Con esto se obtiene un completo diagnóstico de las propiedades de fertilidad.

Para clasificar los niveles de disponibilidad de los diferentes nutrientes y parámetros analizados en los suelos, se utilizó los del Laboratorio de Suelos de INIA (Cuadro 1.1.), como una forma de hacer más comprensible los valores numéricos. Para efecto de apreciar las propiedades químicas se describen en los gráficos de frecuencias los dos primeros horizontes que son los que afectan directamente la fertilidad del suelo.

En el Cuadro 1.2 se presentan los valores de los principales estadígrafos, que indican el promedio, máximo y mínimo, además de la desviación estándar de cada parámetro del primer horizonte, ya que los del segundo son similares, a excepción de la materia orgánica, que se detallan en las figuras, donde se aprecian las frecuencias de los datos agrupados por rangos de disponibilidad de acuerdo al Cuadro 1.1.

**Cuadro 1.1. Categorías de disponibilidad de nutrientes para análisis de suelo utilizados por el Laboratorio de Suelos de INIA.**

| ANÁLISIS  | CATEGORIA DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES |                  |                   |               |                     |
|---|---|------------------|-------------------|---------------|---------------------|
|   | Moderadamente ácido                       | Débilmente ácido | Ligeramente ácido | Neutro        | Débilmente alcalino |
| pH agua   | <5,5                                      | 5.5 – 6.0        | 6.0 – 6.5         | 6.5 – 7.3     | >7.3                |
|   | MUY BAJO                                  | BAJO             | MEDIO             | ALTO          | MUY ALTO            |
| Nitrógeno disponible, ppm                       | <11                                       | 11 – 21          | 21 – 36           | 36 – 60       | >60                 |
| Fósforo disponible, ppm                         | <5  | 5 – 10           | 10 – 20           | 20 – 30       | >30                 |
| Materia Orgánica, %                             | <1  | 1 – 3            | 3 – 6             | >6            |                     |
| Potasio Intercambiable, cmol(+)kg <sup>-1</sup> | <0,12                                     | 0,12 – 0,25      | 0.25 – 0.51       | 0.51 – 0.64   | >64                 |
| Calcio de Intercambio cmol(+)kg <sup>-1</sup>   | <2  | 2 – 5            | 5 – 9             | 9 – 14        | >14                 |
| Magnesio de Intercambio cmol(+)kg <sup>-1</sup> | <0,26                                     | 0.26 – 0.51      | 0.51 – 1.01       | 1.01 – 1.81   | >1.81               |
| Aluminio de Intercambio cmol(+)kg <sup>-1</sup> | <0,10                                     | 0.10 – 0.25      | 0.25 – 0.50       | 0.50 – 0.80   | >0.80               |
| Suma de Bases cmol(+)kg <sup>-1</sup>           | <3  | 3 – 6            | 6 – 10            | 10 – 14       | >14                 |
| Saturación de Aluminio, %                       | <2,05                                     | 2,05 – 5,05      | 5,05 – 10,05      | 10,05 – 15,05 | >15,05              |
| Azufre, ppm                                     | <4,0                                      | 4.0 – 10.0       | 10.0 – 16.0       | 16.0 – 25.0   | >25.0               |
| Hierro, ppm                                     | <1,0                                      | 1.0 – 2.51       | 2.51 – 4.51       | >4.51         |                     |
| Manganeso, ppm                                  | <0,20                                     | 0.20 – 0.50      | 0.50 – 1.00       | >1.00         |                     |
| Zinc, ppm                                       | <0,25                                     | 0.25 – 0.50      | 0.50 – 1.00       | >1.00         |                     |
| Boro, ppm                                       | <0,20                                     | 0.20 – 0.50      | 0.50 – 1.00       | >1.01         |                     |
| Cobre, ppm                                      | <0,10                                     | 0.10 – 0.30      | 0.30 – 0.50       | >0.50         |                     |

**Cuadro 1.2. Parámetros estadísticos de los análisis químicos de las muestras del primer horizonte de las calicatas de la comuna de Ninhue.**

|  | Nº Obs. | Promedio | Máximo | Mínimo | Desv. Standard | Coef. de Variación % |
|--|---------|----------|--------|--------|----------------|----------------------|
| pH agua  | 217     | 6,3      | 7,6    | 5,5    | 0,3            | 5,0                  |
| Materia Orgánica, %                                    | 216     | 2,4      | 7,0    | 0,8    | 1,0            | 40,3                 |
| Nitrógeno disponible, ppm                              | 217     | 6,8      | 89,0   | 0,9    | 6,8            | 99,6                 |
| Fósforo disponible, ppm                                | 217     | 6,1      | 75,7   | 0,6    | 7,3            | 120,7                |
| Potasio disponible, ppm                                | 217     | 101,9    | 518,0  | 7,0    | 76,3           | 74,9                 |
| Calcio de Intercambio $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$   | 217     | 4,6      | 18,4   | 0,5    | 2,7            | 57,9                 |
| Magnesio de Intercambio $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ | 217     | 2,0      | 9,0    | 0,2    | 1,5            | 78,0                 |
| Potasio Intercambiable, $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ | 217     | 0,3      | 1,5    | 0,0    | 0,2            | 80,2                 |
| Sodio de Intercambio $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$    | 217     | 0,1      | 0,3    | 0,0    | 0,1            | 66,8                 |
| Suma de Bases $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$           | 217     | 7,0      | 28,0   | 0,9    | 4,2            | 60,2                 |
| Aluminio de Intercambio $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ | 217     | 0,0      | 0,4    | 0,0    | 0,0            | 133,4                |
| Zinc, ppm  | 217     | 0,9      | 16,7   | 0,1    | 1,2            | 144,4                |
| Hierro, ppm  | 217     | 64,0     | 273,5  | 9,2    | 52,7           | 82,5                 |
| Cobre, ppm   | 217     | 1,4      | 4,8    | 0,3    | 0,7            | 49,1                 |
| Manganeso, ppm   | 217     | 40,0     | 137,3  | 5,6    | 22,5           | 56,2                 |
| Boro, ppm  | 216     | 0,2      | 1,3    | 0,0    | 0,1            | 75,8                 |
| Azufre, ppm  | 210     | 2,3      | 17,8   | -1,0   | 2,1            | 91,4                 |

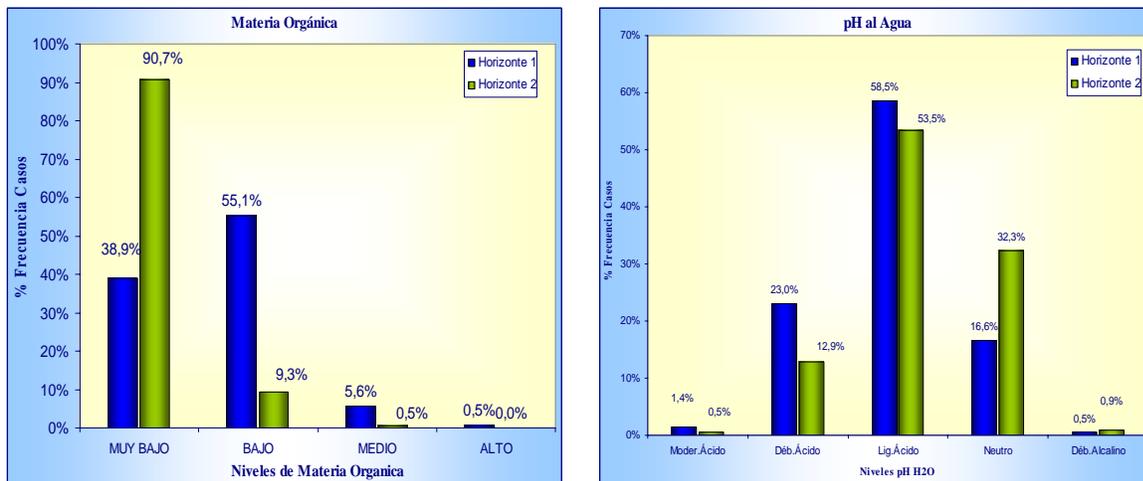
Los promedios presentados en el Cuadro 1.2. indican una primera aproximación de la fertilidad de los suelos de la comuna de Ninhue donde se aprecian valores limitantes en los principales nutrientes determinados, como materia orgánica, nitrógeno, fósforo, azufre y boro.

### 1.5.1. MATERIA ORGÁNICA

En general los suelos del área estudiada de la comuna de Ninhue debido a las pendientes y a las prácticas agrícolas desarrolladas por varias décadas como: quema de rastrojos, aradura y barbechos prolongados que mantienen el suelo libre cubierta vegetal durante el periodo invernal, el origen edáfico, han contribuido a que las lluvias erosionen los suelos, perdiéndose gran parte de la capa vegetal, que explica los bajos contenidos de materia orgánica encontrados en todos los suelos.

Según el mapa que se adjunta, los suelos tienen porcentajes que fluctúan en un rango entre 0,8 y 7,0 % de Materia Orgánica (Cuadro 1.2). En aquellos suelos que por durante varias décadas han permanecido con praderas naturales, bosquetes nativos, o que presentan una posición geográfica baja, y en donde habitualmente se incorporan los residuos vegetales o rastrojos y guano de corral para la producción de chacarería, se obtienen los mayores porcentajes de materia orgánica. En tanto que los suelos de topografía ondulada a fuertemente ondulada en donde se efectúa la quema de rastrojos y barbechos prolongados registran los porcentajes más bajos de materia orgánica, como resultado de las inadecuadas prácticas agrícolas y erosión a que han estado expuestos por varias décadas. El valor promedio de la materia orgánica en el primer horizonte es de 2.6 %.

En la Figura 1.2 se presenta el gráfico de frecuencias de casos, para cada rango de los contenidos de materia orgánica, donde se puede apreciar que el 94 % de las muestras del primer horizonte están en la categoría de muy bajo y bajo, es decir con contenidos menores al 3%. Este parámetro incidirá por tanto en la disponibilidad de otros nutrientes que dependen o son sinérgicos con la materia orgánica, como el nitrógeno y el azufre. En el mapa 1.2. se presenta la distribución espacial donde se aprecia una gran superficie en colores verdes y amarillos que son los suelos que presentan menos de 3% en el primer horizonte. Se destaca además que los sectores amarillos corresponden a donde se presenta la mayor concentración de pequeña propiedad (contenidos de materia orgánica menores al 2%)



**Figura 1.1. Frecuencia de casos para los rangos de Materia Orgánica (%) y pH en agua de los horizontes 1 y 2 de las calicatas. Comuna de Ninhue.**

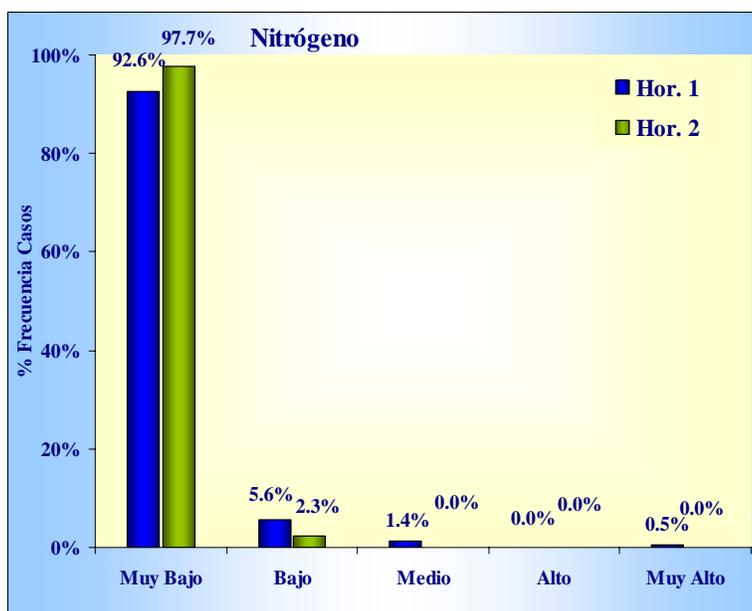
### **1.5.2. ACIDEZ DEL SUELO (pH)**

En general la acidez del suelo estudiado, no es un factor limitante para la mayoría de los cultivos y para el establecimiento de huertos frutales. El valor promedio del pH es de 6.3, con fluctuaciones entre 5.5 y 7.6. Sobre el 81,5% de las muestras analizadas presentan pH ligeramente ácidos a neutros, es decir se encuentran en el rango de 6,5 a 7,3 (Figura 1.1). En el caso de valores menores de 6,0 es necesaria la corrección de la acidez para aumentar rendimientos de los diferentes cultivos de la comuna. En el Mapa 1.3 se aprecia que la mayor superficie de la comuna abarcada con el estudio presenta colores verde y azules, que indican pH superior a 6.1.

El uso de enmiendas calcáreas, de acuerdo a los niveles de pH, serán necesarias en sectores que presentan valores menores a 6.0 de pH, sectores en amarillo (Figura 1.1). Sin embargo al considerar los niveles de calcio de intercambio nos encontramos con niveles medios a bajos, lo que indicaría la necesidad de enmiendas con cales de tipo calcita (carbonatos de calcio), para mejorar este aspecto. Esto se justifica aún más si se tienen presentes los niveles de magnesio de los suelos de Ninhue que son altos (en promedio 2.0 cmol+/Kg), lo que indica un desbalance de bases, generadas por antagonismos ya conocidos.

### **1.5.3 NITROGENO DISPONIBLE**

Las diferentes series de suelo encontradas en la comuna de Ninhue, que son predominantemente derivadas de rocas graníticas con topografías onduladas y los bajos niveles de materia orgánica, producto de las inadecuadas prácticas de manejo agrícola, se ha obtenido que más del 98% (Figura 1.2.) de las muestras presentan niveles de nitrógeno bajos a muy bajos (menores a 21 ppm), con algunas escasas excepciones en que los valores son medios. El promedio de valores para todas las muestras estudiadas del horizonte 1 alcanzan 6.1 ppm (Cuadro 1.2). Todo esto como consecuencia de los sistemas productivos desarrollados en el área, se ha observado que una de las principales limitantes es el nitrógeno, que además se encuentra asociado a los altos precios de los fertilizantes comerciales, esto hace que los productores apliquen dosis insuficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos. Esta práctica implica una alta extracción desde el suelo y paulatinamente se ha agotado hasta llegar a los actuales niveles medidos. Prácticamente toda la comuna se encuentra deficitaria de este elemento como se aprecia en el Mapa 1.4.

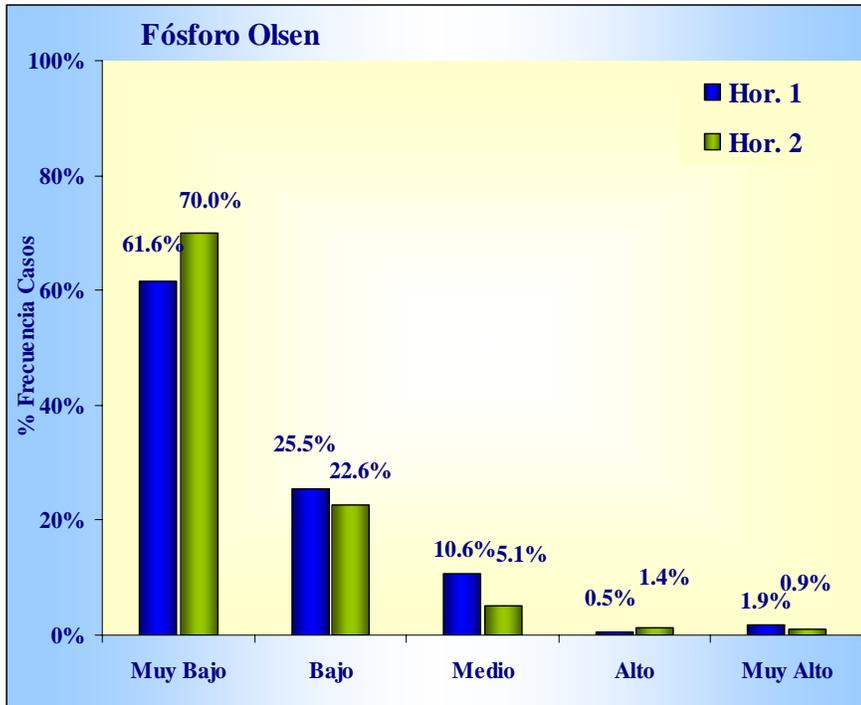


**Figura 1.2. Frecuencia de casos para los rangos de Nitrógeno disponible (ppm) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

#### 1.5.4 FÓSFORO DISPONIBLE (OLSEN)

Más del 87% (Figura 1.3) de las muestras estudiadas presentan niveles muy bajos a bajos de fósforo disponible, con una gran variabilidad, la cual es observada en el alto valor del coeficiente de desviación estándar (7.3 ppm de P) (Cuadro 1.2.) y por el valor mínimo de 0,6 ppm y el máximo de 75,7 ppm de P disponible. Estas grandes variaciones se deben a que existen algunos sectores en donde la agricultura desarrollada ha considerado rotaciones por varios años de cultivos en los cuales se han ido incorporando cantidades adecuadas de fuentes fosfatadas y un gran sector de la comuna en donde la agricultura ha sido más bien extractiva, con mínimos aportes de este elemento vía fertilizantes.

El Fósforo también pasa a ser uno de los nutrientes importantes por la gran cantidad de muestras con contenidos bajos y muy bajos (menos de 8 ppm) como se aprecia en el Mapa 1.5., prácticamente todo el sector estudiado de la comuna presenta colores rojos y amarillos, salvo excepciones con otros colores que indican las zonas de mayor contenido de P-Olsen. A pesar de esto este es un nutriente de fácil corrección vía fertilización, ya que los suelos del sector no son fijadores, solo se debe cuidar la erosión para evitar las pérdidas por escurrimiento superficial.



**Figura 1.3. Frecuencia de casos para los rangos de Fósforo Olsen (ppm) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

### 1.5.5 POTASIO DISPONIBLE

La mayor parte de las muestras analizadas presentan un nivel de potasio disponible bajo a muy bajo, de acuerdo a la Figura 1.4. (68% de las muestras analizadas). También, al igual que la disponibilidad de fósforo, el potasio es un nutriente esencial y deficiente en el área de estudio. El valor promedio de potasio es de 102 ppm, con un valor mínimo de 7 ppm y máximo de 518 ppm (Cuadro 1.2.). En el Mapa 1.6. se muestra la distribución del contenido de potasio. En este se aprecia en la parte Sur de la comuna valores en general medios a adecuados. En algunos pequeños sectores aparecen suelos con valores altos, que pueden ser atribuibles a aquellos sectores en donde se realiza un sistema productivo más intensivo, con mayor incorporación de fertilizantes.

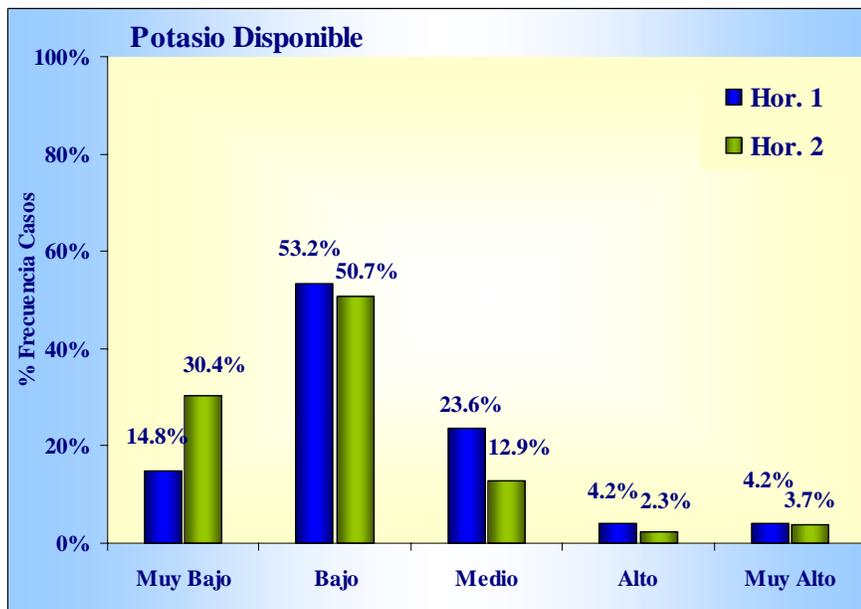


Figura 1.4. Frecuencia de casos para los rangos de Potasio disponible (ppm) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.

#### 1.5.6. CALCIO DE INTERCAMBIO

Sobre el 66% de las muestras presentan niveles bajos a muy bajos de calcio de intercambio en toda la comuna de Ninhue (Figura 1.5.), con valores inferiores a 5 cmol(+)/Kg que se relacionan con material de origen del suelo y con el alto grado de erosión que han sufrido por el excesivo laboreo, barbechos que han mantenido los suelos libres de cubierta vegetal durante los meses de otoño e invierno, y con los bajos aportes de calcio vía las aplicaciones de fertilizantes y la no utilización de enmiendas calcáreas.

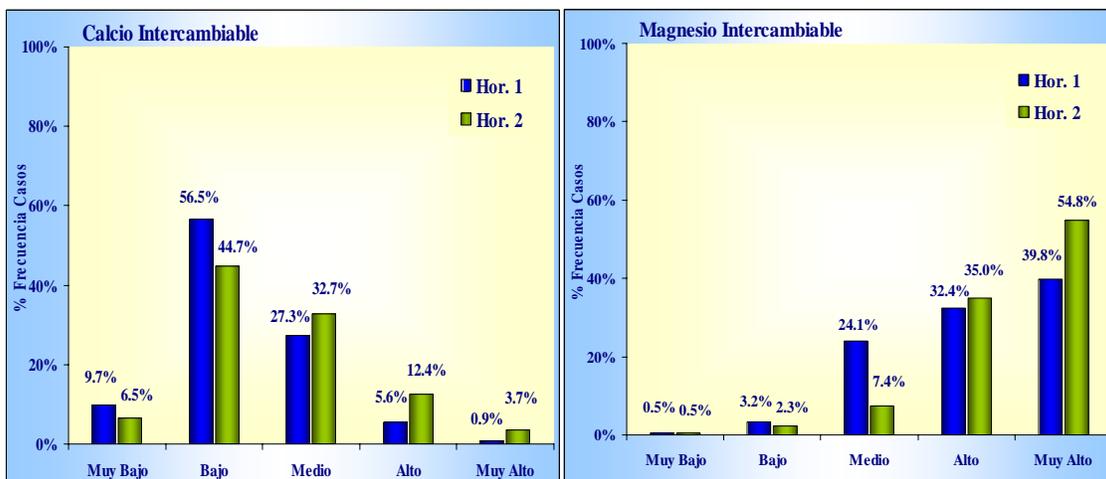


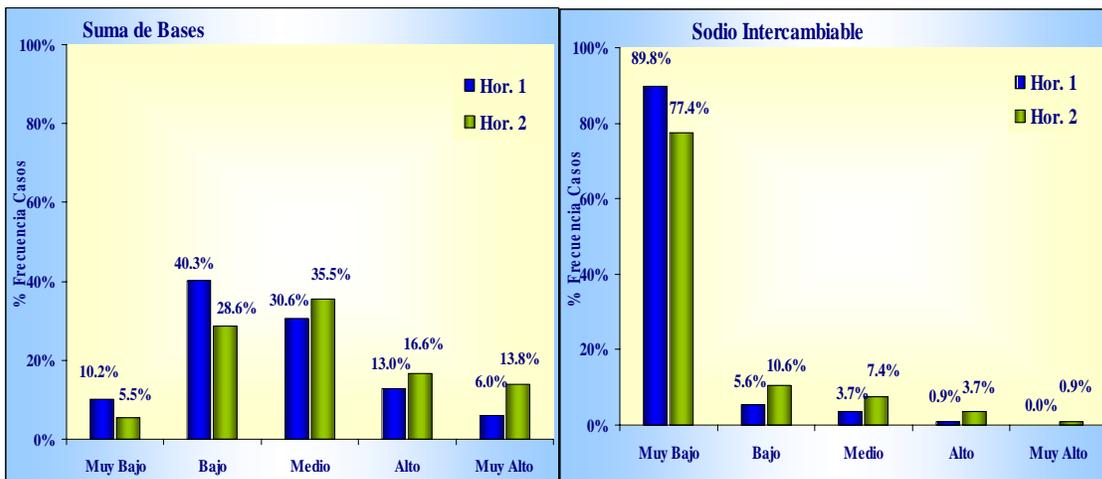
Figura 1.5. Frecuencia de casos para los rangos de Calcio y Magnesio de intercambio (cmol+/Kg) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.

### 1.5.7. MAGNESIO DE INTERCAMBIO

El magnesio presenta un comportamiento totalmente opuesto al encontrado con el calcio, y otras bases ya que sobre el 72% de las muestras presentan niveles altos a muy altos de este elemento en toda la comuna de Ninhue (Figura 1.6.), con valores superiores a 1,01 cmol(+)/Kg. magnesio de intercambio, que se relacionan con material de origen del suelo y con el desbalance producido entre el potasio de intercambio y el calcio de intercambio. Los altos niveles de magnesio encontrados en la actualidad estarían generando problemas en la absorción por los cultivos del calcio y el potasio, lo cual agrava aún más la situación de ambos elementos que de por sí se encuentran muy bajos en el perfil de los suelos.

### 1.5.8. SODIO DE INTERCAMBIO

El sodio de intercambio en todo el área tiene valores inferiores a 0,20 cmol(+)/Kg en el 95% de las muestras analizadas que indica categorías muy bajo a bajo (Figura 1.6.), esto debido al tipo de arcilla que está compuesto, solamente estos valores cambian cuando se fertiliza con productos comerciales que contienen sodio en alto porcentaje como es el caso del salitre sódico. A pesar de que el sodio no es un nutriente importante para las plantas o cultivos, en muchos casos puede remplazar al potasio en algunas funciones fisiológicas.



**Figura 1.6. Frecuencia de casos para los rangos de Suma de Bases y Sodio de intercambio (cmol+/Kg) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

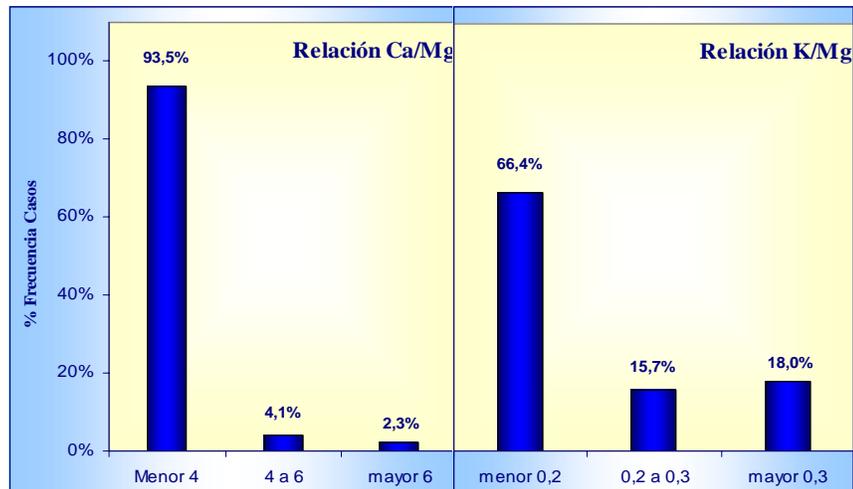
Además se debe tener en cuenta que es un mineral importante en la nutrición animal, por tanto en una zona de ganadería extensiva, donde no se suplementa a los animales con sales minerales, debe considerarse un aporte de este en la fertilización de praderas.

### 1.5.9. SUMA DE BASES DE INTERCAMBIO

La suma de bases es un parámetro que indica el grado de acidificación de los suelos. Para los suelos de la Comuna de Ninhue se aprecia, de acuerdo al pH que no están afectados por acidificación encontrándose prácticamente suelos neutros a ligeramente ácidos. El 70 % de las muestras analizadas presentan una suma de bases en rangos medios a bajos (Figura 1.7.), por la falta de Sodio, de Calcio y en menor grado de Potasio, en contraste a los altos tenores de Magnesio.

En general las bases tienen importancia ya que aportan a la nutrición de los cultivos, pero en una condición de equilibrio que debe considerar una determinada proporción entre ellas, del orden de 60 a 80% de Calcio, 10 a 20 % de Magnesio, 2 a 6 % de potasio y 2 a 4% de sodio. Lo que en términos de relaciones debe mantenerse alrededor de 5 para Ca/Mg y entre 0,2 y 0,3 para K/Mg.

En la Figura 1.7. se presentan las relaciones de bases de los suelos estudiados, donde se destaca que alrededor del 94% de las muestras tienen una relación Calcio / Magnesio menor a 4, es decir hay una falta de calcio con respecto al magnesio, que afectará la nutrición de las plantas, ya que este último elemento desplazará al calcio. De la misma forma hay un efecto sobre el potasio, ya que la relación de este con el magnesio en los suelos de Ninhue muestra sobre un 66 % de las muestras con una relación menor a 0,2.



**Figura 1.7. Frecuencia de casos para rangos Relación Ca/Mg y K/Mg (cmol+/Kg) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

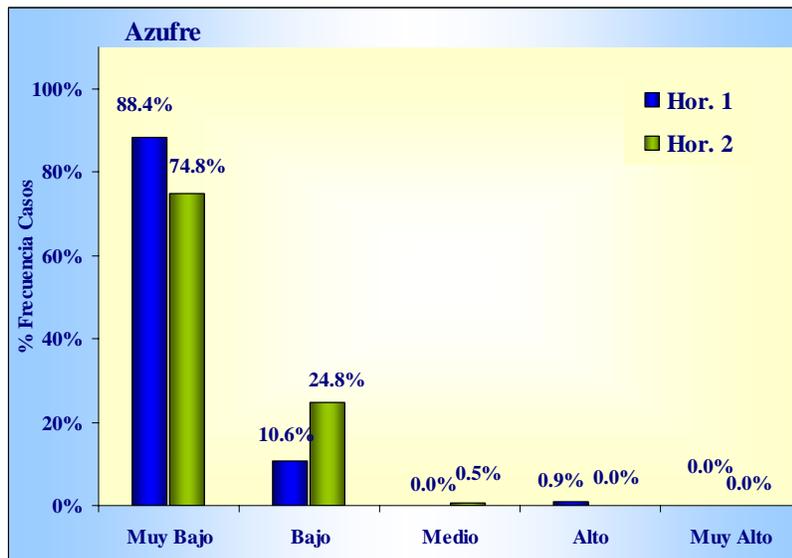
Por tanto para los suelos estudiados, a pesar de que el pH o la acidez no son una limitante se requiere del uso de enmiendas calcáreas como cales de tipo calcitas, es decir, es recomendable el uso de carbonatos de calcio, no así las cales dolomíticas que presentan contenidos importantes de carbonato de magnesio.

También es importante la nutrición con potasio, aunque este elemento esté en niveles adecuados en una muestra de suelos, si hay altos niveles de magnesio y por ende la relación K/Mg no es adecuada se presentará un antagonismo de este elemento y el potasio no estará disponible para los cultivos o praderas.

#### 1.5.10. AZUFRE DISPONIBLE

El contenido de azufre se comporta similar a nitrógeno, ambos dependen en gran medida del contenido de materia orgánica del suelo. El valor promedio de todas las muestras es de 2,3 ppm, que es nivel muy bajo (cuadro 1.2) de disponibilidad de este elemento.

Al apreciar la distribución en categorías del azufre disponible (Figura 1.8.), se presenta una situación dramática, ya que prácticamente el 100% de las muestras están con un índice de disponibilidad bajo y muy bajo que significa valores por debajo de las 10 ppm.



**Figura 1.8. Frecuencia de casos para los rangos de azufre disponible (ppm) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

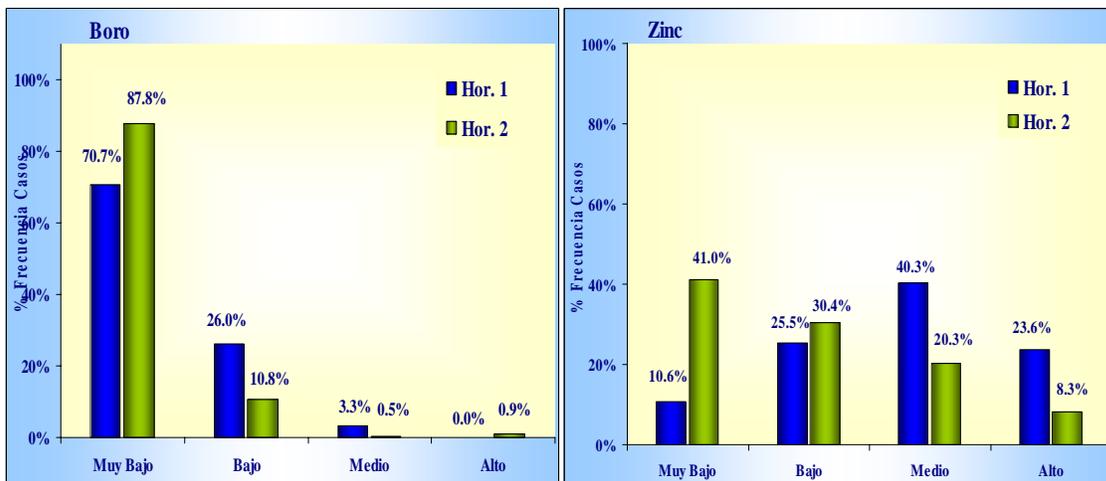
Así también, se ve la distribución espacial en el Mapa 1.7., donde prácticamente toda la superficie estudiada de la comuna tiene valores por debajo de 5 ppm (sectores rojos y amarillos) con algunas excepciones en azul, con valores sobre 5 ppm.

El azufre es un elemento secundario en la nutrición vegetal, pero no menos importante en su esencialidad, es decir si falta, los cultivos se verán impedidos de desarrollarse, por tanto pasa a ser el principal elemento a considerar en las fertilizaciones de cultivos en estos suelos.

### 1.5.11. BORO

El boro es un micro nutriente, que las plantas requieren en pequeñas cantidades, sin embargo es esencial para su desarrollo y que permanentemente se encuentra deficiente en este tipo de suelos, además es importante para algunos cultivos como las viñas y especialmente en aquellos que tienen activo crecimiento durante primavera verano, período en el cual la disponibilidad de agua del suelo es escasa y las deficiencias de boro se agravan, debido a que es absorbido en forma pasiva por las raíces, es decir, a través de la absorción de agua.

En la Figura 1.9. se presentas las categorías de disponibilidad, encontrándose más del 96 % con índices bajos y muy bajos en el primer horizonte, es decir menos de 0,5 ppm, que limita seriamente la producción de cultivos y viñas.



**Figura 1.9. Frecuencia de casos para los rangos de Boro y Zinc disponible (ppm) de los horizontes 1 y 2. Calicatas comuna de Ninhue.**

El Mapa 1.8. muestra la distribución espacial del contenido de Boro en la comuna, donde se aprecia que prácticamente el total de la superficie estudiada tiene menos de 0,33 ppm, convirtiéndose en uno de los principales factores limitantes de la fertilidad.

### **1.5.12. MANGANESO Y HIERRO**

Sorprende los altos valores de manganeso y hierro que predominan en todo el área, ya que se encuentran en índices altos, con medias de 40 ppm para manganeso y 64 ppm para hierro, con rangos que van de 5,6 a 137,3 ppm para el primero y 9,2 a 273,5 ppm para el segundo. Estos valores están muy por encima de rangos normales, ya que se considera disponibilidad alta de estos micronutrientes cuando se encuentran concentraciones por sobre 1 ppm para el manganeso y sobre 4,5 ppm para hierro, de acuerdo al método analítico utilizado.

### **1.5.13. ZINC y COBRE**

La mayoría de los suelos muestreados tienen valores aceptables de cobre, los que se presentan en su mayoría con índices de disponibilidad altos, con valores promedio de 1,4 ppm y varían entre 0,4 y 4,8 ppm (Cuadro 1.2), esto indica que este elemento no es limitante para la zona, salvo algunas excepciones que no son más del 2 a 5 % de los casos analizados.

El zinc, es un micro elemento que presenta una gran cantidad de muestras con valores deficientes, ya que el 36,1% de los casos analizados presentan índices bajos y muy bajos en el horizonte 1, (Figura 1.9.), esto es más notorio en el horizonte 2 donde el 70,4% están en esta condición. Por tanto el zinc es un elemento a considerar en fertilizaciones de cultivos sensibles y que aspiren a rendimientos altos.

La distribución espacial en la comuna de los valores bajos de zinc no presentan una condición homogénea y se aprecian sectores aislados y distribuidos en el sector sur (Mapa 1.9.). En el mapa se aprecia en colores rojo y amarillo.

## **1.6. PROPIEDADES FÍSICAS**

Las propiedades físicas de los suelos, no son menos importantes que las químicas ya que la interacción con éstas es la que determina la fertilidad global de los suelos. Las propiedades físicas influyen, principalmente, sobre la retención y la dinámica del agua en el suelo y sobre el grado de resistencia al crecimiento de las raíces.

En el estudio de calicatas de la comuna de Ninhue, se tomaron muestras para determinar algunas propiedades físicas, tales como: densidad aparente, densidad real, porosidad, sólidos, textura, capacidad de campo, punto de marchites permanente, profundidad del perfil y humedad aprovechable entre otras. A continuación se describen las principales y más incidentes para el desarrollo de cultivos y frutales y que determinan los aportes de hídricos del suelo.

El Cuadro 1.3 muestra los promedios, máximos, mínimos y la desviación estándar de los principales parámetros estudiados. En primer lugar se presenta la profundidad del horizonte 1 de las calicatas

estudiadas, con un promedio 13,5 cm, y desde el cual se consideraron los principales parámetros físicos y químicos.

La densidad aparente refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella. Para la zona estudiada se encuentran valores altos para este parámetro, con un promedio de 1,5 gramos por centímetro cúbico, con un rango de 1,8 a 0,9 gr/cc. Se aprecia que es una propiedad muy constante ya que la desviación estándar es de  $\pm 0,1$ gr/cc.

La textura de los suelos en general se presenta con contenidos de arcilla en categorías de Medio a Bajo, con un promedio de 20,5% y una desviación estándar de 9,1%, esto asociado a contenidos de arena del orden de  $59\% \pm 12,1\%$  nos presenta suelos de tipo arcillo arenosos, que son muy compactos y densos con una porosidad fina, que afecta la capacidad de almacenamiento de agua y la infiltración de agua en el perfil del suelo esta limitada, al igual que la retención de humedad del suelo. El material de origen del suelo (roca granítica) y el manejo de destrucción de la capa vegetal del suelo han sido los promotores del bajo contenido de limo que le confiere una mejor estructura.

**Cuadro 1.3. Parámetros estadísticos de algunas propiedades físicas de las muestras del primer horizonte de las calicatas de la comuna de Ninhue.**

|                          | Nº calicatas | Promedio | Máxima | Mínima | Desv. Standard | Coef. Variación % |
|--------------------------|--------------|----------|--------|--------|----------------|-------------------|
| Profundidad Horiz.1 (cm) | 217          | 13,5     | 35,0   | 5,0    | 4,1            | 30,1              |
| Pendiente en %           | 210          | 11,8     | 50,0   | 0,0    | 10,3           | 87,0              |
| Arena, %                 | 217          | 58,9     | 83,1   | 13,3   | 12,1           | 20,5              |
| Limo, %                  | 217          | 20,7     | 48,9   | 9,3    | 6,9            | 33,4              |
| Arcilla, %               | 217          | 20,5     | 49,1   | 1,1    | 9,1            | 44,5              |
| Densidad aparente gr/cc  | 216          | 1,5      | 1,8    | 0,9    | 0,1            | 9,2               |
| Porosidad (%v/v)         | 216          | 42,1     | 94,0   | 30,9   | 7,2            | 17,1              |
| Humedad 1/3 atm (%)      | 217          | 16,9     | 45,5   | 6,1    | 6,0            | 35,3              |
| Humedad 15 atm (%)       | 217          | 9,5      | 26,8   | 2,4    | 3,8            | 39,6              |
| Humedad aprovechable cm  | 216          | 1,5      | 6,5    | 0,2    | 0,8            | 53,0              |

### **1.6.1. HUMEDAD APROVECHABLE**

En general la humedad aprovechable del suelo es limitante para la producción agrícola con valores inferiores a 4,3cm  $\pm$ 2,0cm de altura de agua almacenada en los dos primeros horizontes estudiados, que en promedio tienen una profundidad de 39,5 cm. Esto sumado a una prolongada sequía estival hace que el agua que el suelo puede almacenar y aportar para el desarrollo de cultivos o praderas es muy reducida.

### **1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La fertilidad de los suelos de la comuna de Ninhue está afectada debido a la erosión hídrica a que han estado sometidos por el laboreo de suelos y el uso de barbechos que dejan el suelo descubierto, a merced de la lluvias invernales, las que han deteriorado el recurso en sus propiedades físicas. Esto se traduce en densidades aparentes altas, suelos con escasa de estructura y porosidad que reduce sustancialmente la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil.

Para sustentar una agricultura de secano se debe intentar mejorar algunas de estas propiedades mediante la adición de enmiendas orgánicas, como el uso de guanos, manejo de rastrojos y utilización de abono verde.

Es importante mejorar las condiciones del suelo en aspectos físicos mediante el uso de prácticas conservacionistas, como las mencionadas, y otras como la labranza cero. Para esto se deben aplicar estrategias en la combinación de estas para hacerlas exitosas. Es así que para considerar la labranza cero, se debe partir mejorando la capacidad de infiltración del suelo y generando estructura. Esto se consigue más pronto mediante la incorporación de guanos, rastrojos y abono verde. Por ende para iniciar la cero labranza se requerirá de laborar el suelo en los primeros años para dejarlo en condiciones físicas adecuadas.

Una de las principales limitantes del sector es el clima, debido escasa pluviometría en los meses de primavera y verano, generando una prolongada sequía estival. Sumado a esto la baja capacidad de retención de agua del suelo, debido a las propiedades físicas restrictivas, que contribuyen a la erosión y al escurrimiento de gran cantidad del agua de lluvia.

Lo anterior debe tenerse en cuenta al momento de practicar fertilización a los cultivos, ya que la producción no tiene un alto potencial determinado por las condiciones hídricas.

La fertilidad química del suelo está disminuida debido a la falta de aporte desde el suelo de nutrientes, que se ve limitado por los bajos contenidos de materia orgánica. Por tanto es necesario el manejo de residuos y la incorporación de enmiendas orgánicas para mejorar aspectos de fertilidad, así como las propiedades físicas.

Los macro nutrientes, como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, será indispensable incorporarlos en las fertilizaciones de acuerdo a los rendimientos esperados para la zona.

El nitrógeno se aprecia como el principal nutriente deficitario en los suelos de la comuna de Ninhue, ya que se presenta en más del 98% de las muestras en índices bajos a muy bajos, con un promedio de 6.1 ppm. Dada la importancia en la nutrición de los cultivos y al ser el principal macro nutriente, se transforma en la primera limitante de la fertilidad.

Según el grado de deficiencia en segunda prioridad está el azufre, con valores promedios de 2,3 ppm, ya que prácticamente el 100% de las muestras están con un índice de disponibilidad bajo y muy bajo.

El fósforo se presenta deficiente, con índices bajos y muy bajos en el 87% de los casos, con promedio de 6,1 ppm, siendo el tercero en importancia, por el tenor de las deficiencias, para considerar en recomendaciones de fertilización.

Seguido a estos elementos está el potasio por su grado de deficiencia e importancia como macro nutriente. Los índices de disponibilidad son bajos a muy bajo en el 68% de las muestras analizadas.

Se debe considerar, de acuerdo a lo encontrado en el estudio realizado el mejorar las relaciones de bases que afectarán la disponibilidad de potasio y calcio especialmente por los elevados contenidos de magnesio de intercambio. Una estrategia puede ser la utilización de enmiendas calcáreas de tipo calcitas (libres de magnesio), para aumentar los contenidos de calcio del suelo. Además esto ayudará a mejorar la estructura del suelo, mejorando la porosidad y la infiltración de agua.

En cuanto a micronutrientes, aparece con niveles muy bajos el Boro, que deberá considerarse en las formulas de fertilización para obtener un buen desarrollo de cultivos, en especial en los viñedos y frutales que se deseen introducir en la zona.

El zinc es otro micro nutriente a considerar en la medida que se tenga un potencial de rendimiento alto, en especial en condiciones de riego, presentándose deficiencias en algunos sectores de la comuna, con el 36,1% de los casos analizados con índices bajos y muy bajos.

La fertilización, en general debe hacerse utilizando como herramienta de diagnóstico el análisis de suelos, con los parámetros necesarios para obtener información de la condición de fertilidad global de los macro nutrientes, elementos secundarios como azufre y micronutrientes como boro y zinc. Un buen análisis de suelos debe incluir N, P, K, pH, Materia Orgánica, Calcio, Magnesio, Sodio, Azufre, Boro y Zinc.

De acuerdo a los resultados promedios obtenidos en los análisis de las calicatas, y considerando rendimientos medios, dadas las restricciones de humedad de la zona, las fórmulas de fertilización aproximadas para cereales como trigo y leguminosas como arveja y lenteja se presentan el cuadro 1.4, indicándose la unidades de nutrientes a aplicar en Kg/ha, de acuerdo a los rendimientos indicados. Estas fertilizaciones corresponden a una orientación general que considera los datos promedio de los análisis de la

zona, las dosis deben ajustarse de acuerdo a la condición de fertilidad particular, diagnosticada con un análisis de suelos, el rendimiento esperado y la tecnología y manejo del cultivo específico, como variedad, riego, control de malezas y sistema de siembra.

**Cuadro 1.4: Recomendaciones de fertilización generales para Trigo, Arveja verde y Lentejas, de acuerdo a los rendimientos indicados y al diagnóstico de la fertilidad de los suelos para la comuna de Ninhue.**

|                          |                               | Trigo (qq/ha)                       |     | Arveja verde (Kg/ha) |        | Lenteja (qq/ha) |        |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----|----------------------|--------|-----------------|--------|
|                          |                               | 40                                  | 60  | 2500                 | 4000   | 8               | 12     |
| NUTRIENTE                | unidad                        | ----- Kg/ha de cada Nutriente ----- |     |                      |        |                 |        |
| Nitrógeno                | N                             | 100                                 | 160 | 50 (*)               | 70 (*) | 40 (*)          | 70 (*) |
| Fósforo                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 50                                  | 80  | 70                   | 100    | 60              | 80     |
| Potasio                  | K <sub>2</sub> O              | 40                                  | 70  | 50                   | 80     | 50              | 70     |
| Magnesio                 | MgO                           |                                     |     |                      |        |                 |        |
| Azufre                   | S                             | 20                                  | 30  | 35                   | 45     | 30              | 40     |
| Boro                     | B                             | 1                                   | 1,5 | 1                    | 2      | 1               | 2      |
| Zinc                     | Zn                            |                                     |     |                      |        |                 |        |
| Carbonato de Calcio (**) | CaCO <sub>3</sub>             | 650                                 | 950 | 750                  | 950    | 750             | 950    |

(\*): En el caso de leguminosas, para rendimientos medios a bajos no se requiere fertilización nitrogenada, debe inoculase las semillas.

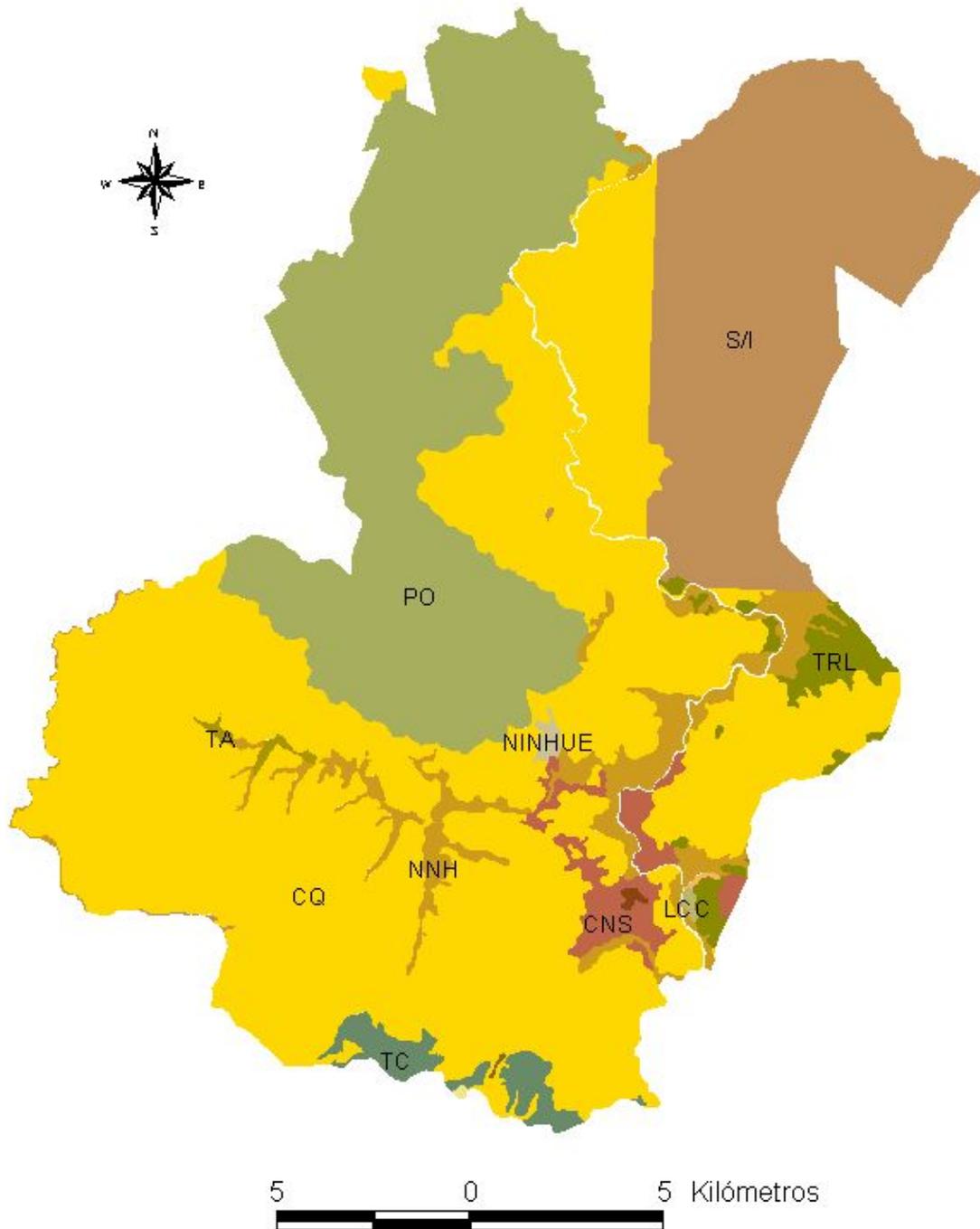
Si la nodulación no es adecuada se debe aplicar nitrógeno.

(\*\*): El carbonato de calcio se recomienda para mejorar la relación de bases por los altos contenidos de magnesio encontrados en los suelos de Ninhue.

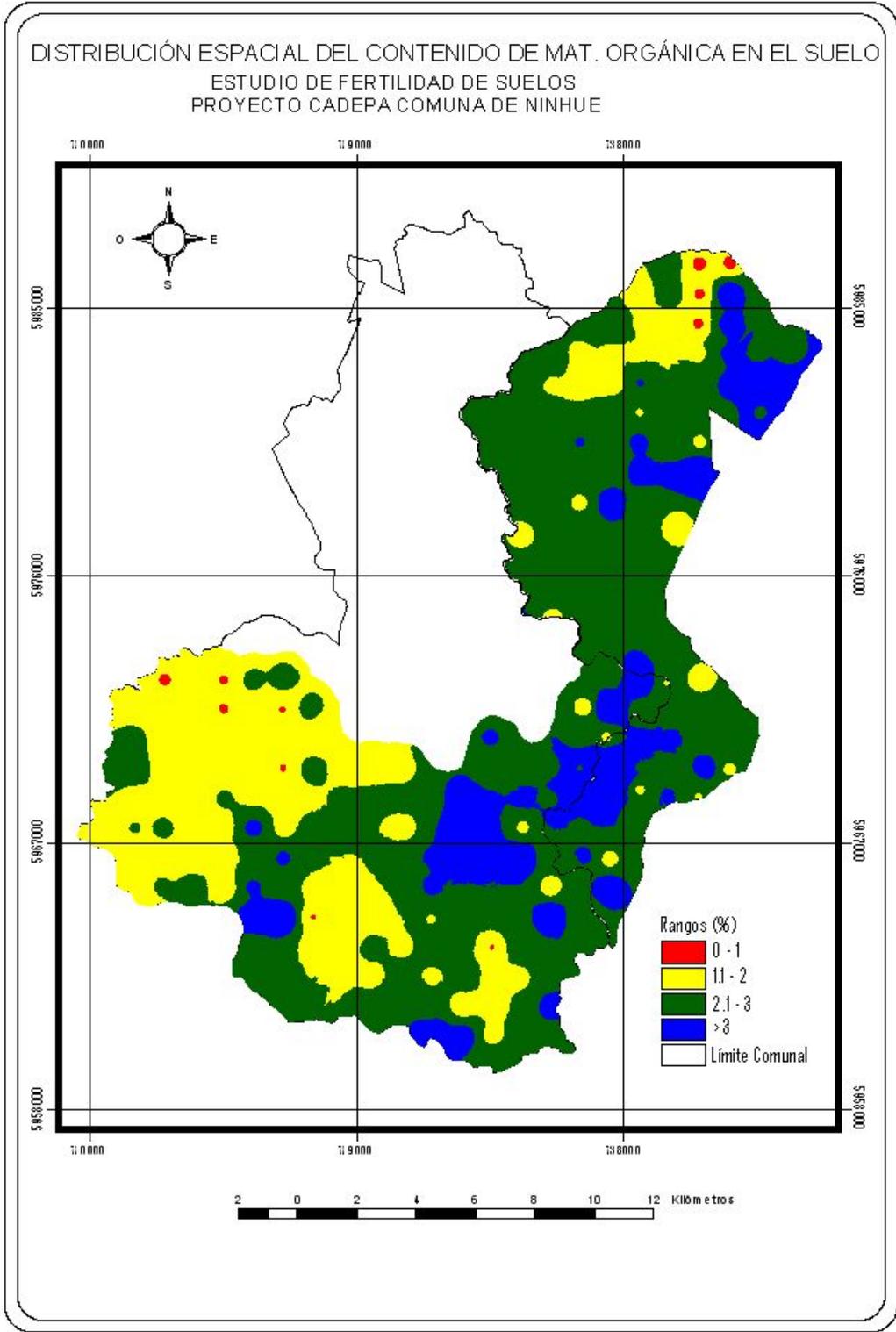
## 1.8. BIBLIOGRAFÍA.

- CIREN, 1999. Estudio Agrológico VIII Región. Tomo 1 y 2. Descripción de suelos Materiales y Símbolos. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación CIREN N° 121. 586 pag.
- Del Pozo, Alejandro y Del Canto, Pedro. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Quilamapu. Chillán, Chile.
- Fernández E., Fernando; Ruiz S., Carlos. 2003. Producción Moderna de Cultivos y Praderas en el Secano Interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98. 126p.
- Rodríguez S, Nicasio. 2002. Manejo de la fertilidad de los suelos del secano interior. En: Curso Internacional Manejo de Microcuencia y prácticas Conservacionistas de Suelo y Agua. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Quilamapu. Serie Actas N° 22, p. 181-189
- Ruiz S, Carlos; Rodríguez S, Nicasio; Pedreros L, Alberto. 2003. Producción de trigo En: Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98, p. 41-52.

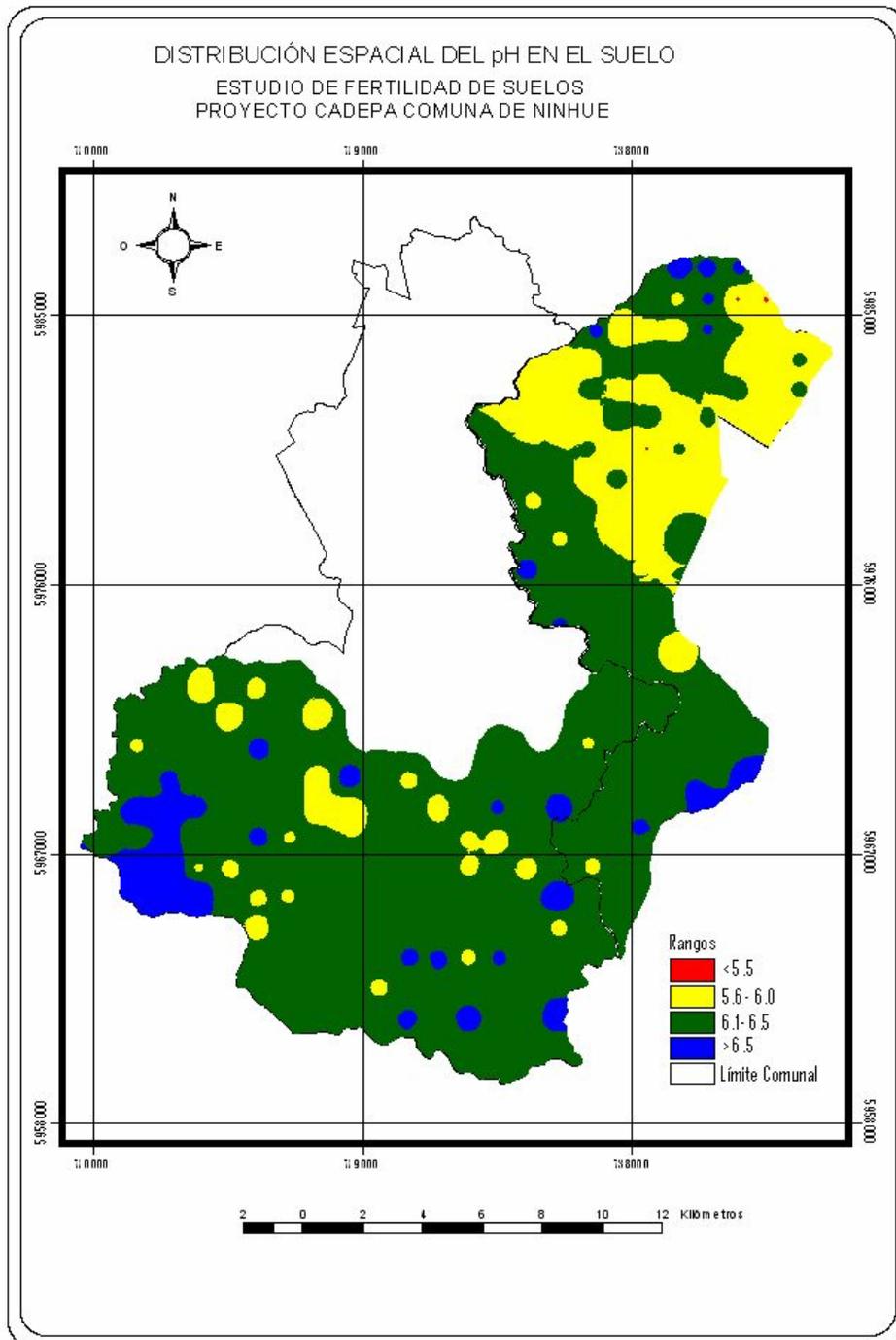
## 1.9 ANEXO MAPAS



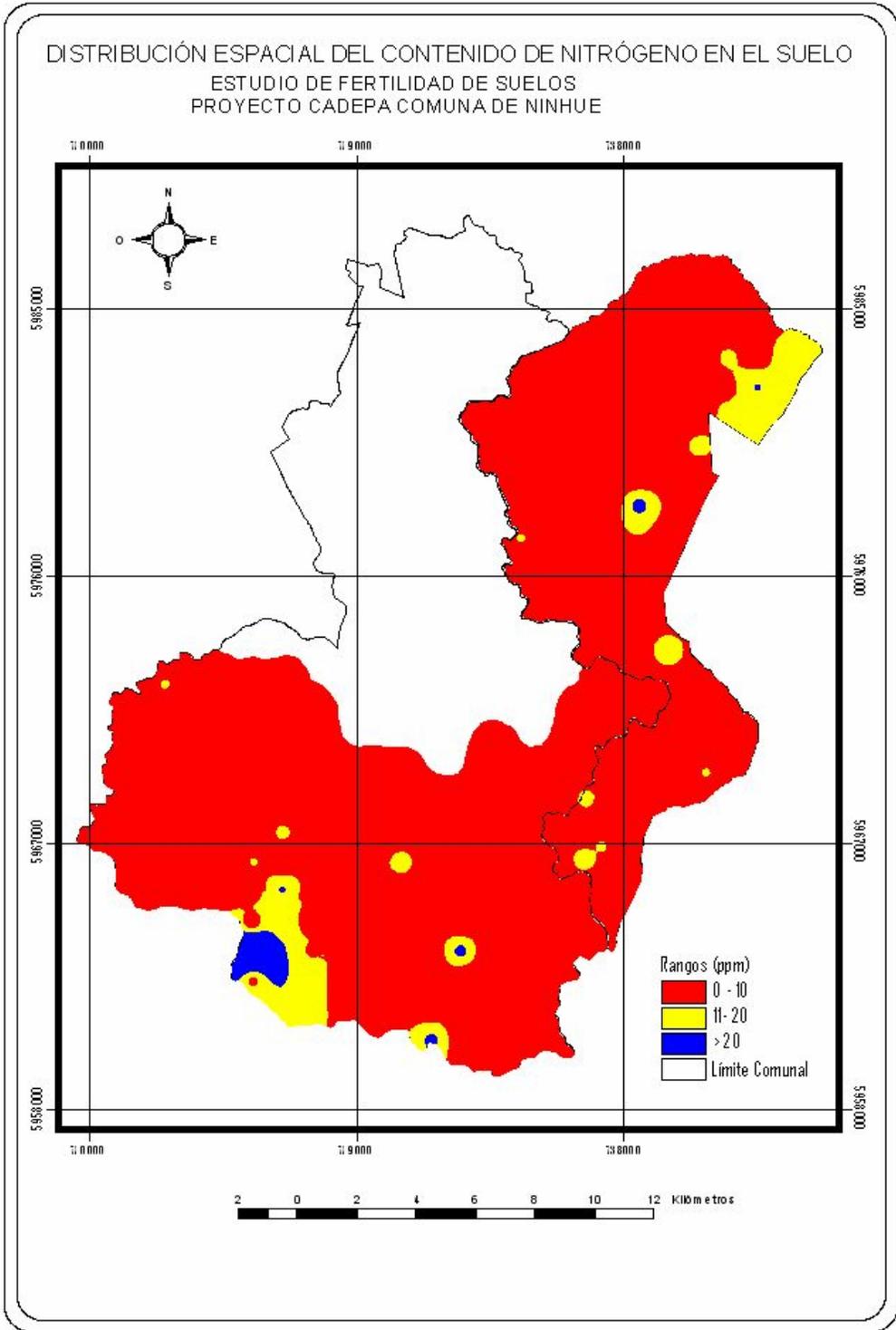
Mapa 1.1. Distribución y ubicación geográfica de las Series de Suelos presentes en la comuna de Ninhue.



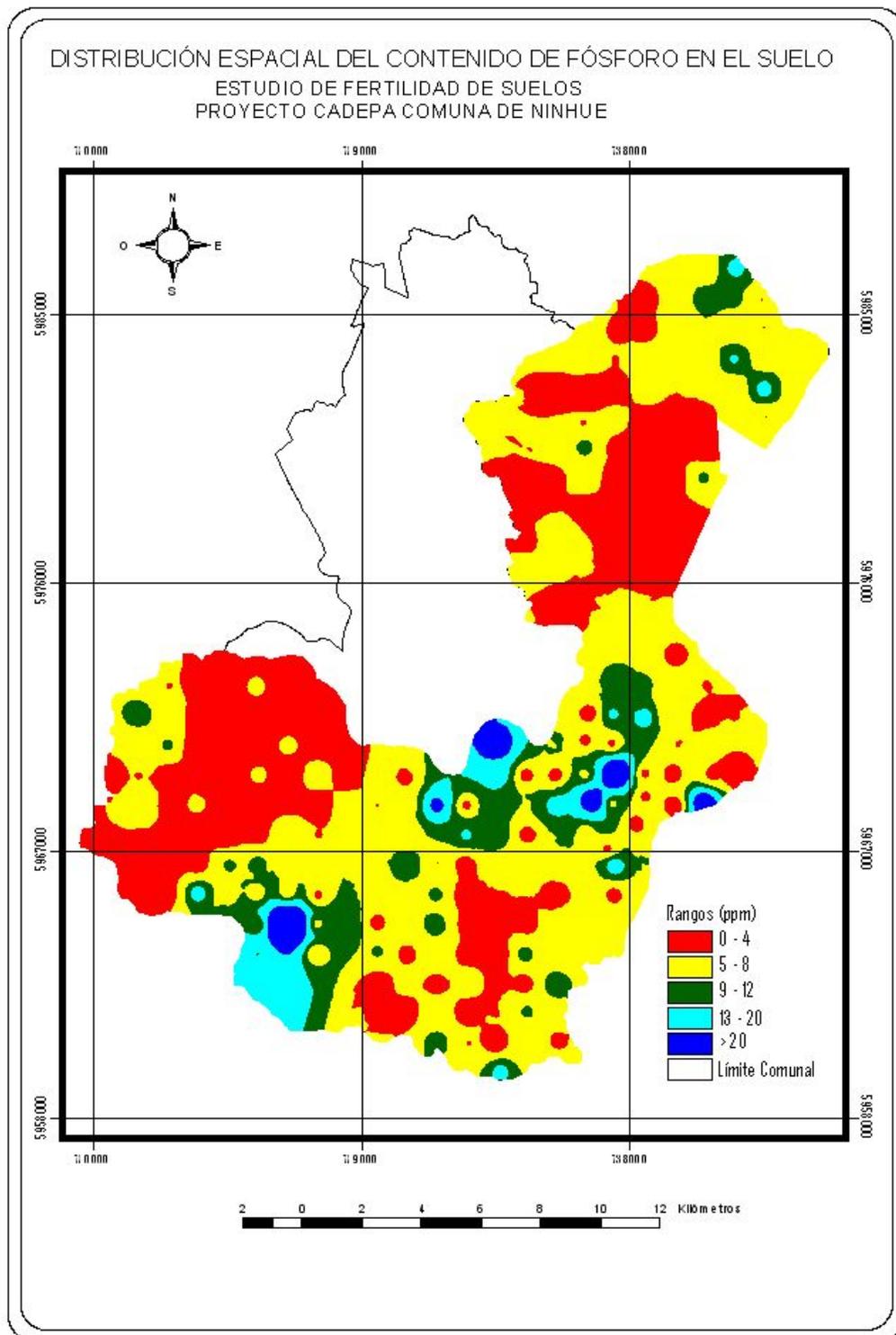
Mapa 1.2. Distribución del contenido de Materia Orgánica del suelo. Comuna de Ninhue.



Mapa 1.3. Distribución de los niveles de acidez (pH en agua) del suelo. Comuna de Ninhue.

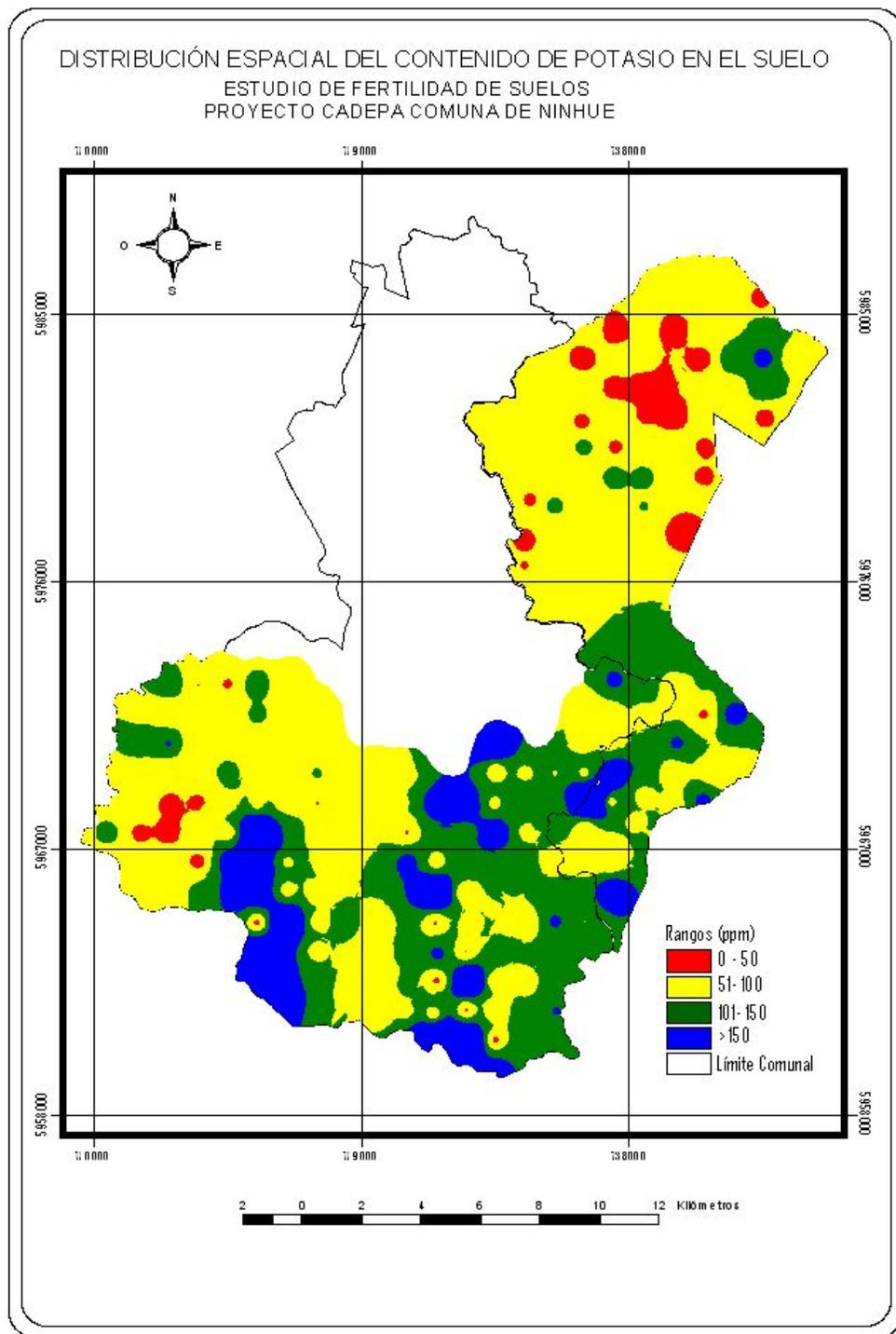


Mapa 1.4. Distribución de los niveles Nitrógeno disponible (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue.

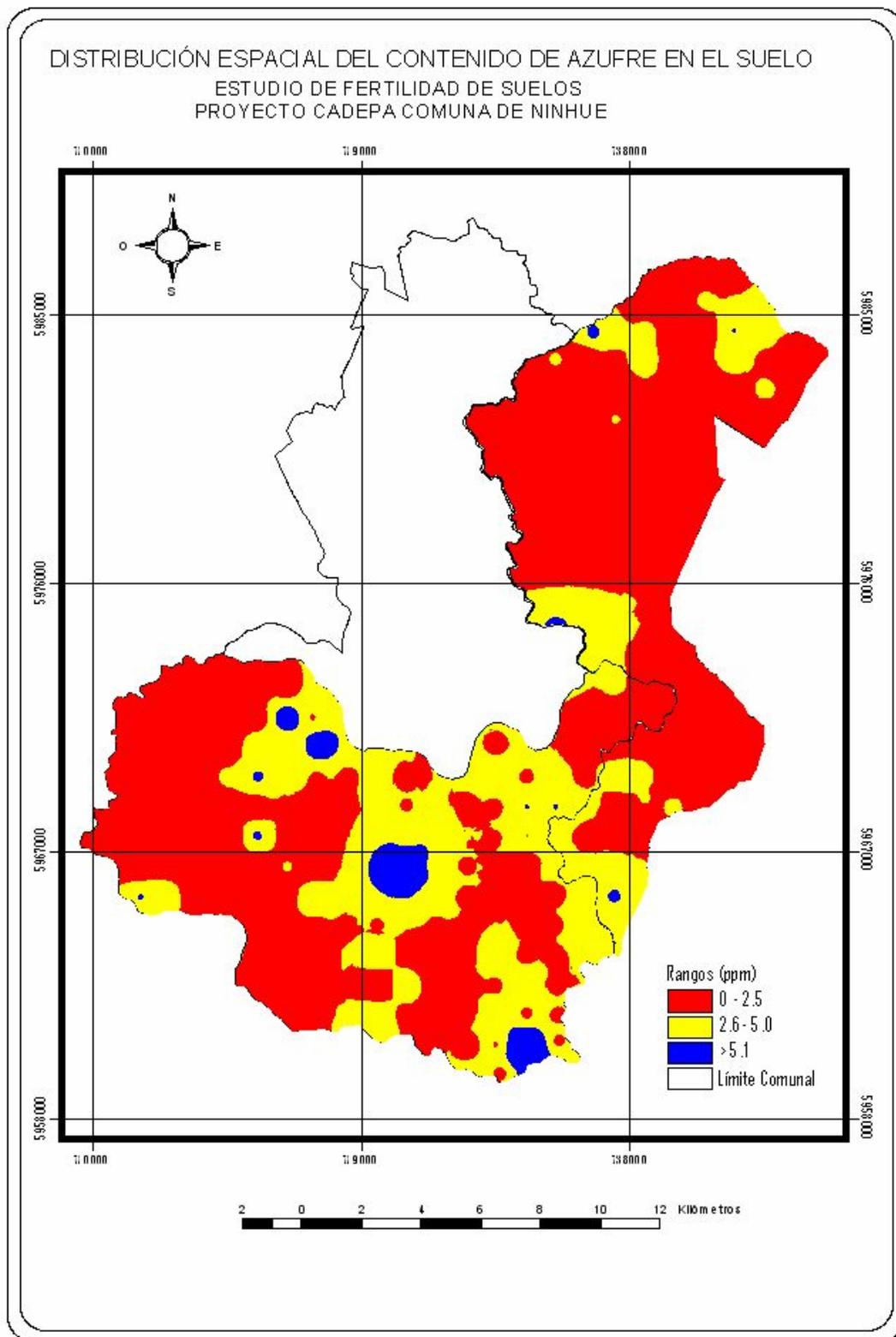


Mapa 1.5.

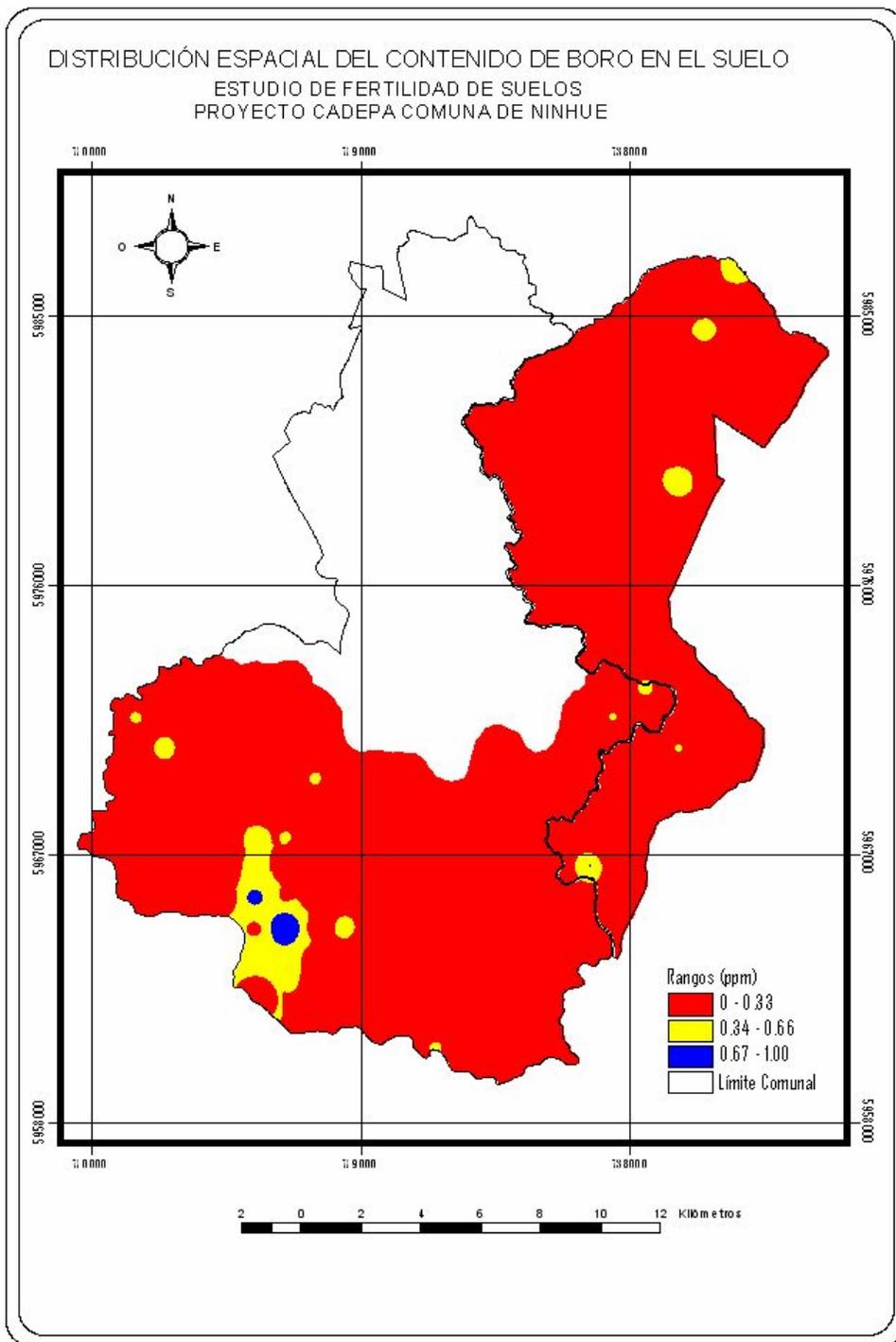
Distribución de los niveles Fósforo Olsen (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue



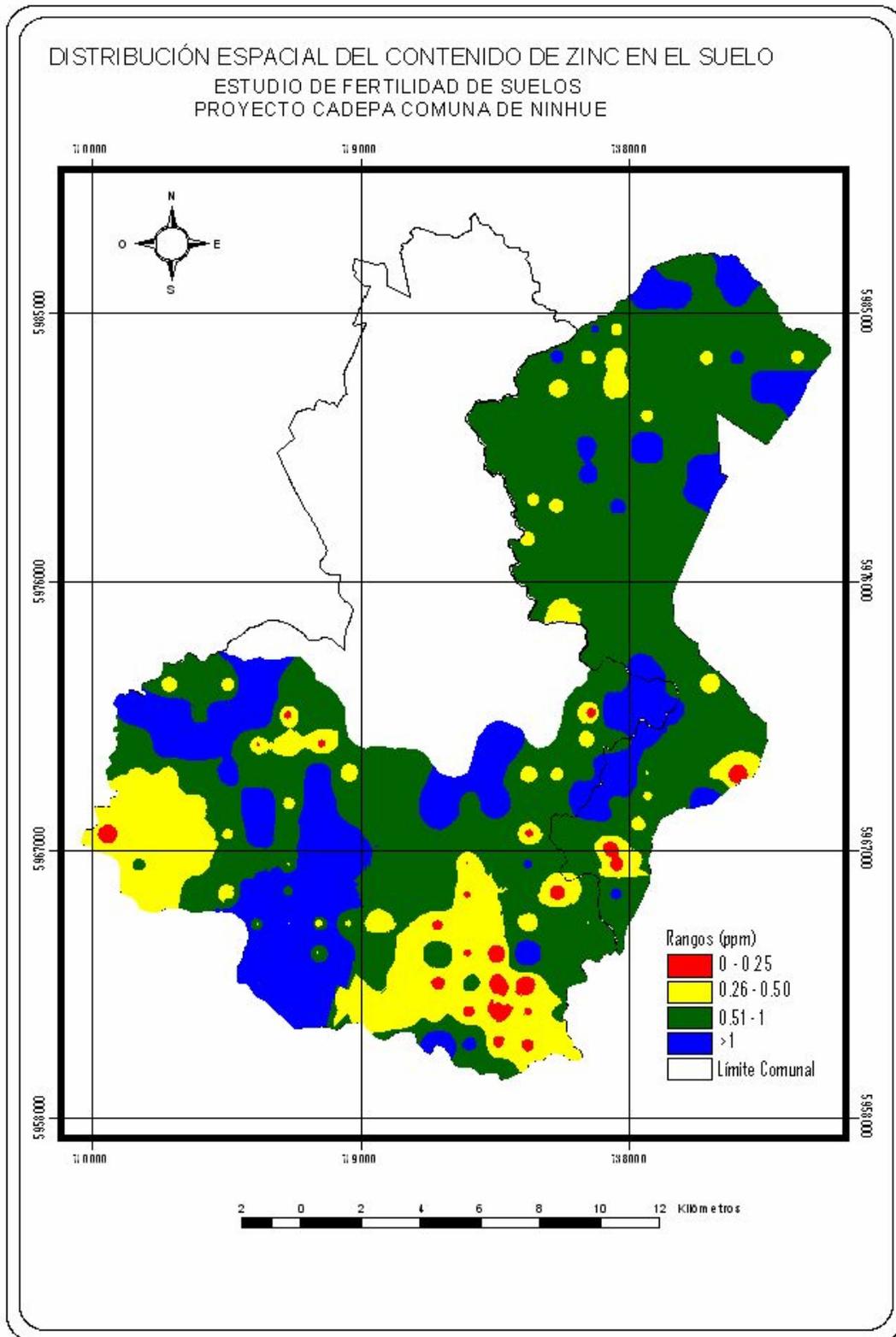
Mapa 1.6. Distribución de los niveles Potasio disponible (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue.



Mapa 1.7. Distribución de los niveles Azufre disponible (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue.



Mapa 1.8. Distribución de los niveles Boro disponible (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue.



Mapa 1.9. Distribución de los niveles Zinc disponible (ppm) del suelo. Comuna de Ninhue.

## CAPÍTULO 2

### EL SUELO Y LA EROSIÓN



#### **Autores**

Jorge Carrasco Jiménez

Jorge Riquelme Sanhueza

Kuni Matsuya

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

# EL SUELO Y LA EROSIÓN

## 2.1. CONCEPTO DE SUELO

La definición clásica de suelo considera que éste es la formación natural de la superficie terrestre, de estructura esponjosa y espesor variable, que resulta de la transformación de la roca madre subyacente por la influencia de diversos procesos físicos, químicos y biológicos. Otros autores, lo definen como un sistema altamente complejo y dinámico, constituido por una capa superficial, relativamente delgada, de material disperso que se encuentra sobre la litosfera. De este material depende en buena parte el crecimiento de las plantas y alimentación de los seres vivos que habitamos la superficie terrestre (Bonneau y Souchier, 1987; Montenegro y Malagon, 1990; Narro, 1994). Por lo tanto, como la vida humana y animal depende absolutamente de la existencia de las plantas, el suelo debe ser usado en forma racional, de modo de evitar su rápido deterioro, ya que es un recurso natural muy susceptible al agotamiento, y que sin su existencia, la vida sobre el planeta se vería seriamente amenazada.

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases. La fase sólida está formada por los componentes inorgánicos y los orgánicos, que dejan un espacio de huecos (poros, galerías, grietas y otros) en el que se hallan las fases líquidas y gaseosas. El volumen de huecos está ocupado parcialmente por agua, como componente principal de la fase líquida, que puede llevar iones y sustancias en solución o en suspensión; por aire, que constituye la fase gaseosa o atmósfera del suelo (Porta et. al, 1994). Debido a que la proporción en que se presentan estos cuatro elementos es variable, los suelos tendrán características cualitativas distintas, lo que determina el uso que se le puede dar a cada tipo de suelo.

Se definen cinco factores principales que influyen en la formación de los suelos: el clima (precipitaciones, temperatura y viento), los organismos vivos, el relieve, la roca madre originaria y el tiempo transcurrido. A estos factores se puede agregar la intervención del hombre, con sus actividades agrícolas, pecuarias, forestales, o con usufructo directo de los recursos naturales, entre otros, lo cual ha influido, más que en la formación de suelos, 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, 1994):

1. Anclaje para las raíces y soporte mecánico para el follaje, que permite a las plantas realizar una fotosíntesis más eficiente.

2. Suministra agua a las plantas, gracias a la capacidad de retener humedad en cantidades adecuadas y con alta disponibilidad. Es decir con un alto potencial hídrico.
3. Proporciona los nutrientes esenciales para las plantas; estos pueden provenir de la fertilidad natural del suelo de las prácticas de fertilización que se realicen.
4. Suministra oxígeno a las raíces y elimina el dióxido de carbono producido.
5. Transporta el calor y proporciona una temperatura adecuada para el desarrollo de las raíces, germinación de semillas, entre otros.

## **2.2. ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO DE IMPORTANCIA PARA LA AGRICULTURA**

### **2.2.1. Textura**

La textura se refiere al tamaño de las partículas minerales del suelo, que han pasado por un tamiz de 2 mm de diámetro, donde se definen tres tamaños característicos llamados separados texturales: arena, limo y arcilla.

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.

La arcilla se caracteriza por tener partículas muy finas, el limo medianas y la arena grandes. Estas tres clases de materiales se mezclan en diferentes proporciones y forman “terrones”, partículas aglomeradas que conforman pequeñas “estructuras” de tierra. Generalmente los suelos adecuados para los cultivos son aquellos en que no predomina una u otra fracción. 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).

Los suelos arenosos, conocidos también como “livianos”, son los que contienen mayor proporción de arena, no pueden retener mucha 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 se caracterizan por ser bastante pobres en elementos minerales, salvo que contengan abundante materia orgánica.

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. 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.

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.

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.

### **2.2.2. Estructura del suelo**

Algunos autores, 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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ , que retienen el agua y la liberan a las raíces de las plantas. Otros la definen 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, 1992).

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, como la materia orgánica. Al no remover el suelo, por ejemplo con el sistema de cero labranza, aumenta el diámetro medio de los agregados, con una consecuente mejora de la estructura del suelo .

La estructura considera tres aspectos:

- ❑ Forma, que se refiere al tipo de estructura formada, que puede ser laminar, prismática columnar, de bloque, subangular o granular.
- ❑ Tamaño, que puede ser muy fino, fino, medio, grueso, o muy grueso.
- ❑ 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.

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. 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, etc., produce un efecto directo que destruye los agregados. 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.

F.A.O (1995) en una propuesta de métodos para evaluar la degradación de los suelos, incluye la destrucción de su estructura como el principal proceso a tener en cuenta. De ahí, la importancia que tiene el conocimiento de la estructura, desde el punto de vista de la conservación del suelo, y de sus procesos de degradación.

Un aumento de la agregación y de la estabilidad de agregados está relacionado con el contenido de materia orgánica. Lynch y Bragg (1985), lo atribuyen a varios factores, que incluyen materia orgánica, contenidos de óxidos de fierro y aluminio, y arcillas. La mejora de la estructura del suelo se atribuye a la alta actividad biótica, especialmente de lombrices. El número de biocanales visibles o canales de lombrices se utiliza como un índice del estado de la estructura. Un suelo manejado continuamente con un sistema de cero labranza permite el desarrollo de un perfil estructural de mejores características, a diferencia de la labranza convencional que a la larga destruye la estructura.

### **2.3. DEGRADACIÓN DEL SUELO**

Los procesos que conducen a la degradación del suelo son producidos por erosión hídrica, erosión eólica acelerada, salinización, alcalinización, lixiviación intensa, o bien, por compactación y laterización que llevan finalmente a la degradación biológica. Estos procesos son los responsables de la disminución en la calidad del suelo.

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

#### **a. Degradación del medio físico**

- ❖ Erosión y desertificación
- ❖ Erosión hídrica
- ❖ Erosión eólica
- ❖ Compactación y formación de capas endurecidas

#### **b. Degradación del medio químico**

- ❖ Disminución de la fertilidad
- ❖ Desequilibrio elemental
- ❖ Acidificación
- ❖ Sodificación
- ❖ Compuestos tóxicos

### **c. Degradación del medio biológico**

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

#### **2.3.1. Degradación del medio físico**

La degradación del medio físico se refiere al deterioro de las propiedades físicas, como aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad, pérdida de estabilidad estructural, entre otros, por efecto de la erosión, desertificación, compactación y endurecimiento. Numerosas publicaciones indican que las propiedades físicas del suelo son las más importantes en la emergencia y desarrollo de los cultivos. Esta degradación se produce en tres etapas (Pérez, J. 1992).

*Etapa 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). Además de “encostramiento” superficial, 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.

#### **2.3. 2. Degradación del medio químico**

La degradación del medio químico del suelo, es un proceso que modifica las propiedades químicas del suelo. La modificación de las propiedades químicas implica una modificación y empeoramiento en la composición química del suelo. Esta modificación puede producirse por la presencia de sustancias extrañas a los componentes habituales del suelo, o por una modificación en la concentración de las mismas cuando éstas son habituales.

El primer caso suele deberse a la adición de sustancias extrañas al suelo, lo que constituye un caso claro de contaminación. En el segundo caso las modificaciones se deberían al uso normal del suelo.

### **2.3.3. Degradación del medio biológico**

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 microfauna del suelo, además de la microflora, lombrices, etc. 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.

### **2.4. La erosión del suelo**

La erosión del suelo es definida como un proceso de degradación, transporte y deposición de materiales del suelo por efecto de agentes erosivos, tales como el agua, el viento o el hielo (Peralta, J.M., 1993). 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. Las principales causas antrópicas de la erosión son:

- La deforestación
- El mal uso de la capacidad del suelo
- El sobre pastoreo
- La sobre explotación de la vegetación natural para uso doméstico
- Las prácticas inadecuadas de manejo de suelos

#### **2.4.1. Erosión hídrica**

En Chile la erosión más común, y sobre todo en el Secano Interior, es la producida por el agua de lluvia. Por lo tanto, se dará mayor importancia a establecer la mecánica de la erosión provocada por este elemento, los factores que la condicionan y algunas técnicas que permiten atenuar el proceso.

El impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo provoca la degradación de las partículas primarias (limo, arcilla y arena) formándose un sello superficial que disminuye la capacidad de infiltración del suelo. Cuando la precipitación es mayor que la tasa de infiltración de agua, se produce escurrimiento superficial del agua que no infiltra. 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 lavando el suelo de su capa superficial y reduciendo su fertilidad. En casos de procesos graves de erosión la roca madre queda totalmente desnuda.

### **2.4.1.1. Factores de erosión**

La erosión de los suelos depende de la interacción de varios factores:

- A mayor inclinación de terreno, la susceptibilidad a la erosión es más alta.
- La erosión es mayor en las laderas de gran dimensión, y en especial cuando no tienen interrupción de su pendiente ya sea por pircas, cortinas vegetales, o cualquier otra barrera que impida el escurrimiento del agua.
- Cuanto más intensas y frecuentes sean las lluvias de un determinado lugar, mayor será la cantidad de suelo que éstas pueden arrastrar.
- A mayor densidad de la cubierta vegetal, el suelo estará más protegido y por ende habrá menor riesgo de erosión.
- Factor suelo. La susceptibilidad de los suelos a la erosión varía en función de su constitución. Los suelos arenosos son más susceptibles a la erosión que los arcillosos o que aquellos que contienen mucha materia orgánica. Éstos últimos, forman estructuras que tienen mayor grado de cohesión y resisten mejor el impacto de las gotas de lluvia.
- Un suelo mullido es más sensible a la erosión que otro conformado por grandes terrones. Mientras más mullido se encuentra el suelo, el agua arrastra más fácilmente sus partículas.

### **2.4.1.2. Formas de erosión**

La erosión hídrica, puede manifestarse de diversas formas, que se describen a continuación:

#### **2.4.1.2.1. Erosión de manto o laminar**

Es un modo uniforme de erosión producido por las gotas de lluvia, las cuales al golpear el suelo actúan en forma pareja removiendo una capa delgada del suelo superficial, que posteriormente es transportado por el agua que escurre.

La pérdida de esta fracción fina o complejo coloidal implica una pérdida de calidad del suelo, debido a que en ella se concentran las propiedades de intercambio catiónico, responsable de la fertilidad, la vida microbiana y la retención de humedad, entre otras. El proceso es difícil de detectar en sus primeras etapas, a menos que se realicen análisis de fertilidad que indiquen los cambios del nivel nutricional en el tiempo. Cuando está más avanzada, el efecto se puede visualizar por los cambios de color en la superficie del suelo. La erosión de manto es característica en los sectores altos de las praderas.

#### **2.4.1.2.2. La erosión en surcos**

Se produce cuando el agua de lluvia que no infiltra en el suelo escurre sobre las laderas. Esta agua adquiere gran velocidad y fuerza, y se concentra poco a poco, dejando pequeñas depresiones que originan surcos a través de los cuales arrastran la tierra. (Figura 2.1.).



**Figura 2.1. Erosión en surcos provocada en el año en cultivo tradicional de arvejas (San José, Ninhue).**

#### **2.4.1.2.3. Erosión de zanjas**

Se produce cuando el agua de lluvia que no pudo infiltrarse en el suelo se desplaza por la ladera adquiriendo velocidad. Cuando este proceso es reiterado aumenta la cantidad de sedimentos en suspensión y por lo tanto su capacidad abrasiva. Este fenómeno es más intensivo en las partes bajas de la pendiente, ya que ahí se conjugan el mayor grado de velocidad y carga de sedimentos que contiene el escurrimiento, provocando que el suelo se socave con mayor rapidez en estos sectores. (Figura 2.1.).



**Figura 2.2. Erosión de zanjas. (San José, Ninhue).**

#### **4.1.2.4. Erosión de cárcava**

Con el tiempo los surcos erosionados se profundizan y se transforman en profundos barrancos. También pueden producirse, por la unión entre surcos erosionados, que posteriormente profundizan progresivamente por efecto de las lluvias. (Figura 2.1.3.).



**Figura 2.3. Erosión de Cárcava. (San José Ninhue).**

## **2.5. La labranza convencional y la degradación de suelos**

El sistema tradicional de agricultura en el secano interior se ha basado por años en una rotación de praderas naturales, barbecho y trigo. Bajo este esquema de manejo, el suelo se ha erosionado enormemente, debido a la aplicación del método tradicional de laboreo con arado de vertedera reversible sobre suelos con excesiva pendiente (Riquelme, 1994).

El método tradicional de preparación de suelos alterna rotura, cruza y repetidos rastrajes, especialmente en suelos con mayor contenido de arcilla. Esta técnica de labranza obedece a la necesidad de mullir un suelo con gran tendencia a la formación de terrones. Al realizar estas labores con equipos de bajo rendimiento, el suelo se seca y pierde rápidamente su condición de friable (Ibáñez et al, 1982).

En los suelos del Secano Interior, y aún en lomajes con más de 20% de pendiente, se practica el barbecho de invierno con suelo descubierto, como una forma de controlar malezas, arar cuando la humedad facilita la penetración de los arados, y asegurar una siembra temprana en el otoño siguiente. La pérdida de suelo por este concepto es apreciable, y se manifiesta en la erosión de manto y en la formación de cárcavas, que se observan en toda el área. Estas pérdidas son aún mayores cuando se practica la aradura en el sentido de la pendiente (Peña, 1973).

Los implementos de tiro animal más empleados son el arado de punta de fierro, el arado de fierro reversible y el rastrón de madera. La mayoría de estos equipos son de fabricación artesanal, con la excepción del arado reversible que se fabrica en fundiciones semiindustriales en Cauquenes (Riquelme, 1994).

El uso continuo del arado reversible provoca un desplazamiento mecánico o “rodadura” del suelo en la dirección de la pendiente, con la formación de gradas en la parte superior de los potreros y aparición de “calvas” o afloración de subsuelo (Camacho, 1988).

La capacidad efectiva de trabajo de los implementos de labranza es muy baja, llegando a necesitar aproximadamente 19 horas para arar una hectárea de suelo cuando se utilizan caballos, y 38 horas cuando la labor se ejecuta con bueyes (Ibáñez et. al., 1982).

Cada uno de los objetivos de la labranza convencional indica su uso para el establecimiento de un cultivo, sin embargo utilizada por muchos años ha conducido al deterioro, en numerosos casos irreversibles, de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El proceso es complejo y genera una degradación de la estructura del suelo en los primeros 30 centímetros, produciéndose un excesivo escurrimiento, erosión y disminución de la productividad.

Los arados de vertedera y de disco han sido durante años, las herramientas básicas en la labranza convencional. Ambos se caracterizan por trabajar invirtiendo el suelo, de esta forma cubren desechos y

malezas, o las exponen a la superficie. Sin embargo, por el efecto negativo que provoca la inversión sobre las propiedades del suelo, no se recomienda utilizarlos en suelos degradados y susceptibles a erosionarse, como son los de las zonas de secano interior y costero de Chile.

El sistema de labranza convencional disminuye el contenido de la materia orgánica del suelo. Esta disminución es particularmente más grave, en aquellos casos en los que se tiende a sustituir la fertilización orgánica con fertilización mineral, por los cambios de pH del suelo, lo cual es más grave en un régimen de monocultivo en el que esta disminución se observa continuamente, incluso cuando se incorpora materia orgánica al suelo.

## **2.6. CONCLUSIONES**

Del suelo depende el crecimiento de las plantas y la alimentación de los seres vivos, que habitamos la superficie terrestre. Por lo tanto debe ser usado en forma racional, de modo de evitar su rápido deterioro, ya que es un recurso natural muy susceptible al agotamiento.

En el Secano Interior, principalmente en la Comuna de Ninhue, VIII Región es fácil observar el deterioro de suelo provocado por la erosión de surcos, zanjas y cárcavas.

La susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos ha estado asociada principalmente al manejo tradicional de suelo, labranza con arados de vertedera que deja el suelo desprovisto de la cubierta vegetal y expuesto al impacto directo de la gota de lluvia. Para detener este proceso de degradación del suelo es necesario cambiar las técnicas de establecimiento de los cultivos así como planificar adecuadamente el manejo del suelo de acuerdo a sus pendientes.

## 2.7. BIBLIOGRAFÍA

BONNEAU, M. y SOUCHIER, B. 1987. Edafología. Constituyentes y propiedades del suelo. Versión española traducida de Pédologie, 2. Constitutivans et propriétés du sol. Masson, S.A., Barcelona, 461 pp.

CAMACHO, HERNANDO. 1988. Alternativas Para la mecanización de suelos de ladera. En: Mecanización agrícola para el pequeño productor agrícola de la región andina. Pasto, CRI Obonuco. Colombia. pp 15-21.

DEXTER, A. R. 1988. Advances in characterization of soil structure. In: Soil Tillage Res., 11: 199 – 238.

FAO. 1995. Necesidades y recursos. Geografía de la agricultura y la alimentación. Roma.

IBAÑEZ, M.; CONCHA, L. y PHILLIPS, R. 1982. Situación tecnológica de la labranza en suelos del secano de la costa de la provincia de Ñuble. Agro Sur 10(2): 70-74.

LAL, R. and STEWART, B.A. 1990. Soil degradation. A Global Threat. In: Advance in Soil Science, 11: XIII-XVII.

LYNCH, J. M. and BRAGG, E. 1985. Microorganisms and Soil Aggregate Stability. En: Advances in Soil Science. New-York. 2: 133-171.

MONTENEGRO, H. y MALAGON, D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC – Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico. Bogotá, Colombia. 813 pp.

NARRO FARIAS, E. 1994. Física de suelos, con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México. 193 pp.

PEÑA L. 1973. Recopilación de artículos sobre temas de conservación de suelos y agua. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, pp: 19-27.

PERALTA, J. M. 1993. Agentes Erosivos y Tipos de Erosión. En: “Tecnologías de Conservación de Suelos y Agua”. Programa de Capacitación a Agentes de Extensión. INIA-Serie Platina N° 46. Santiago. Chile. pp. 14-81.

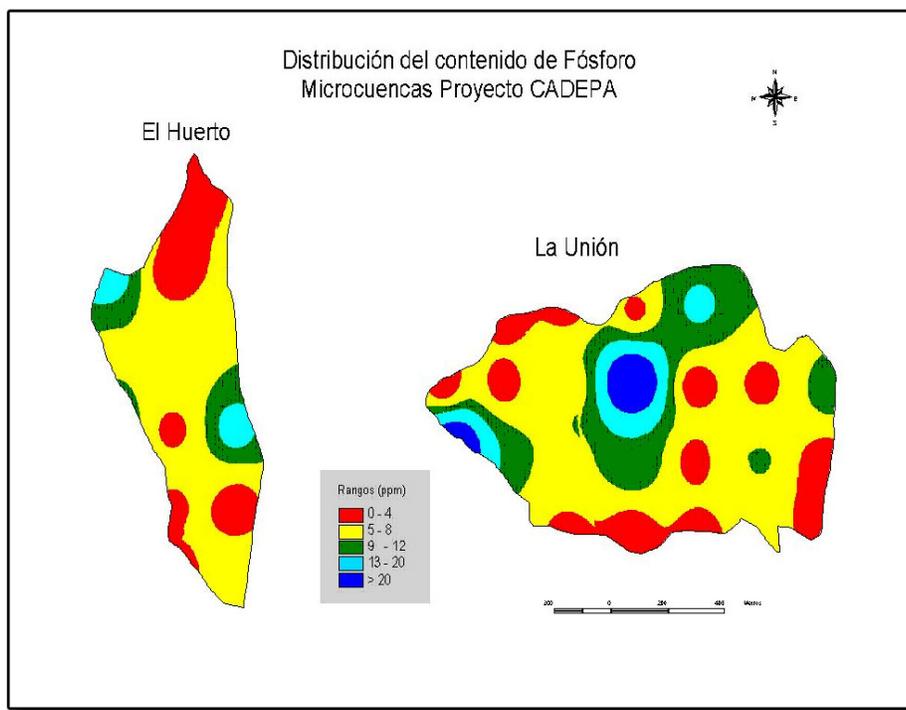
PÉREZ, J., 1992. Estudio de la estabilidad estructural del suelo en relación con el complejo de cambio (comportamiento de algunos suelos característicos españoles). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 462 pp.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, C. 1994. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España, 807 pp.

RIQUELME, JORGE. 1994. Capítulo IV. Los sistemas de labranza y su influencia en la conservación de los suelos. Desarrollo de una mecanización apropiada. En: La Agricultura del Secano Interior. Ovalle y Del Pozo Editores. INIA. Cauquenes. pags: 99-115.

## CAPÍTULO 3

### FERTILIDAD DE SUELOS AL NIVEL DE LA MÍNIMA MICROCUENCA (MMC)



#### **Autores**

Pablo Undurraga Díaz

Nicasio Rodríguez Sánchez

Shigehiko Yoshikawa

Marcelino Claret Merino

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

## **FERTILIDAD DE SUELOS AL NIVEL DE LA MÍNIMA MICROCUENCA (MMC)**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo describe la fertilidad de los suelos y sus propiedades físicas de dos pequeñas cuencas ubicadas en la comuna de Ninhue, sector San José, donde se desarrollan las actividades del Proyecto “Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo en el secano Mediterráneo de Chile” (CADEPA). Estas corresponden a la MMC La Unión y la MMC El Huerto.

Los suelos, de las áreas estudiadas corresponden a la serie Cauquenes (CQ), derivados de rocas graníticas, presentan un color pardo oscuro en los tonos 10 YR 3/3 a 10YR4/3 en el primer horizonte, con texturas franco arcillo arenosa a franco arenosa para ambas microcuenas. Estas tienen limitaciones en cuanto a las pendientes, ya que son sectores que engloban una pequeña quebrada o curso de agua, donde encontramos en los límites exteriores solamente un pequeño porcentaje suelo arable, con bajo riesgo de erosión hídrica y hacia el centro de las microcuencas las pendientes son más pronunciadas.

El estudio de los suelos se realizó mediante calicatas distribuidas en una grilla de 5 hectáreas cada una, efectuándose 24 calicatas en la MMC La Unión (82,7 hás) y 12 calicatas en la MMC El Huerto (40,6 hás). En las calicatas, se describieron y tomaron muestras de los tres primeros horizontes para analizar sus propiedades químicas y físicas, describiéndose principalmente las características del primer horizonte, por rango de disponibilidad de cada nutriente. También se confeccionaron mapas de las principales propiedades de fertilidad y físicas.

### **3.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LAS MMC**

En las muestras de suelo de las microcuencas estudiadas se determinó: pH, materia orgánica, nitrógeno disponible, fósforo Olsen, calcio, magnesio, potasio y sodio de intercambio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y azufre disponible. Con esto se obtiene un buen diagnóstico de las propiedades de fertilidad.

Para clasificar los niveles de disponibilidad de los diferentes nutrientes y parámetros analizados en los suelos, se utilizó los del Laboratorio de Suelos de INIA (Ver Cuadro 1.1, del capítulo 1).

En el Cuadro 3.1. se presentan los valores de los principales estadígrafos, que indican el promedio, máximo y mínimo, además de la desviación estándar de cada parámetro del primer horizonte, de la MMC La Unión, en la que se realizaron 24 calicatas o muestreos.

En el Cuadro 3.2. se presentan los valores de estadígrafos calculados para cada parámetro del primer horizonte, de la MMC El Huerto que incluye 12 calicatas o muestreos.

Los promedios presentados en estos cuadros indican una aproximación de la fertilidad de los suelos, donde se aprecian valores limitantes en los principales nutrientes y parámetros determinados, como materia orgánica, nitrógeno, fósforo, azufre y boro, que concuerda con lo descrito en el capítulo 1 para los suelos del sector de San José y en la comuna de Ninhue.

**Cuadro 3.1 Parámetros estadísticos de los análisis químicos en muestras del primer horizonte de 24 calicatas, MMC La Unión.**

| <b>Parámetros químicos.</b> | <b>Media</b> | <b>Máximo</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Coefficiente Variación</b> |
|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| pH agua                     | 6,5          | 7,0           | 6,0           | 0,2                        | 3,7                           |
| Mat. Orgánica (%)           | 2,4          | 3,7           | 1,3           | 0,6                        | 25,4                          |
| Nitrogeno disp (ppm)        | 8,7          | 43,7          | 1,5           | 9,0                        | 103,7                         |
| Fósforo Olsen (ppm)         | 7,4          | 38,9          | 1,2           | 9,5                        | 128,3                         |
| Potasio disk. (ppm)         | 100,9        | 195,9         | 40,4          | 40,0                       | 39,7                          |
| Calcio Int. (cmol+/Kg)      | 7,1          | 15,3          | 3,2           | 2,9                        | 40,2                          |
| Magnesio Int. (cmol+/Kg)    | 3,4          | 9,2           | 1,2           | 1,9                        | 55,2                          |
| Potasio Int. (cmol+/Kg)     | 0,3          | 0,5           | 0,1           | 0,1                        | 39,7                          |
| Sodio Int. (cmol+/Kg)       | 0,2          | 0,3           | 0,1           | 0,1                        | 42,9                          |
| Suma Bases (cmol+/Kg)       | 10,9         | 25,1          | 4,9           | 4,6                        | 42,1                          |
| Aluminio int. (cmol+/Kg)    | 0,0          | 0,1           | 0,0           | 0,0                        | 125,2                         |
| Zinc ppm                    | 0,7          | 4,0           | 0,1           | 0,8                        | 115,5                         |
| Hierro ppm                  | 51,5         | 122,8         | 13,3          | 24,5                       | 47,6                          |
| Cobre ppm                   | 1,0          | 1,6           | 0,3           | 0,3                        | 30,6                          |
| Manganeso ppm               | 29,5         | 65,2          | 15,8          | 13,0                       | 44,0                          |
| Boro ppm                    | 0,1          | 0,4           | 0,1           | 0,1                        | 52,9                          |
| Azufre ppm                  | 3,3          | 15,3          | 1,6           | 2,8                        | 86,6                          |

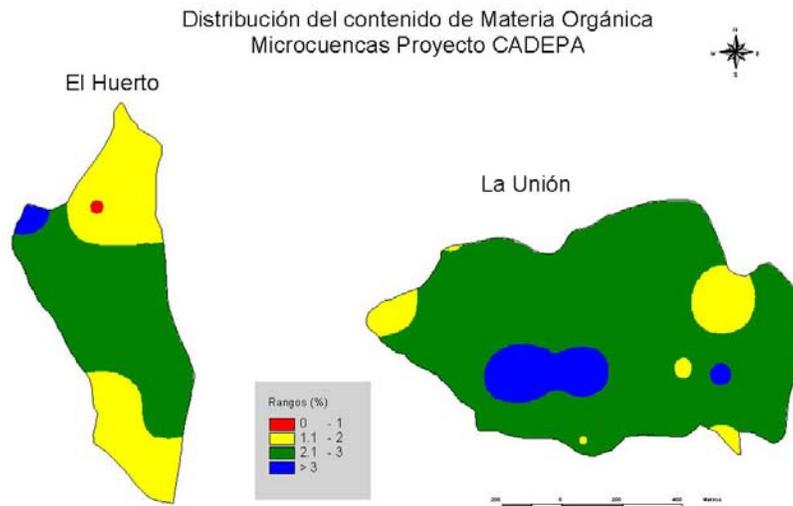
**Cuadro 3.2. Parámetros estadísticos de análisis químicos en muestras del primer horizonte de 12 calicatas, MMC El Huerto.**

| Parámetros químicos.     | Media | Máximo | Mínimo | Desviación Estándar | Cofiente Variación |
|--------------------------|-------|--------|--------|---------------------|--------------------|
| pH agua                  | 6,6   | 7,5    | 6,2    | 0,3                 | 5,3                |
| Mat. Orgánica (%)        | 2,1   | 3,7    | 1,0    | 0,7                 | 33,7               |
| Nitrogeno disp (ppm)     | 8,5   | 65,5   | 0,7    | 18,0                | 211,7              |
| Fósforo Olsen (ppm)      | 7,1   | 18,1   | 1,6    | 5,9                 | 83,1               |
| Potasio disk. (ppm)      | 92,4  | 186,6  | 47,4   | 38,8                | 42,0               |
| Calcio Int. (cmol+/Kg)   | 6,1   | 17,2   | 1,8    | 4,8                 | 77,8               |
| Magnesio Int. (cmol+/Kg) | 2,9   | 9,9    | 0,4    | 3,0                 | 102,3              |
| Potasio Int. (cmol+/Kg)  | 0,2   | 0,5    | 0,1    | 0,1                 | 42,0               |
| Sodio Int. (cmol+/Kg)    | 0,2   | 0,4    | 0,1    | 0,1                 | 72,9               |
| Suma Bases (cmol+/Kg)    | 9,5   | 27,6   | 2,7    | 7,8                 | 82,6               |
| Aluminio int. (cmol+/Kg) | 0,0   | 0,1    | 0,0    | 0,0                 | 75,7               |
| Zinc ppm                 | 0,4   | 0,8    | 0,1    | 0,2                 | 67,2               |
| Hierro ppm               | 40,3  | 56,2   | 20,2   | 12,8                | 31,7               |
| Cobre ppm                | 1,0   | 1,3    | 0,4    | 0,3                 | 31,2               |
| Manganeso ppm            | 28,4  | 43,1   | 16,3   | 10,5                | 37,0               |
| Boro ppm                 | 0,1   | 0,3    | 0,1    | 0,1                 | 40,7               |
| Azufre ppm               | 3,0   | 5,3    | 1,8    | 1,3                 | 43,2               |

### 3.2.1. MATERIA ORGÁNICA

La Materia Orgánica es una de las principales limitaciones de los suelos de las MMC La Unión y El Huerto, debido al origen de tipo granítico de la serie Cauquenes. Esto, sumado al manejo de labranza en pendientes, que ha acelerado la erosión hídrica, hace que los suelos hayan perdido gran parte de los primeros horizontes, disminuyendo la materia orgánica. Los valores encontrados en los análisis indican bajos índices para este parámetro, menores al 3%, con la mayor parte de la superficie de ambas microcuencas con rangos de 1 a 3%, como se aprecia en la figura 3.1. en colores verdes y amarillos.

Los suelos tienen valores de materia orgánica que fluctúan en un rango entre 1,0% y 3,7% para las dos microcuencas (Cuadros 3.1. y 3.2.), con valores promedio de 2,4 y 2,1% para La Unión y El Huerto respectivamente.

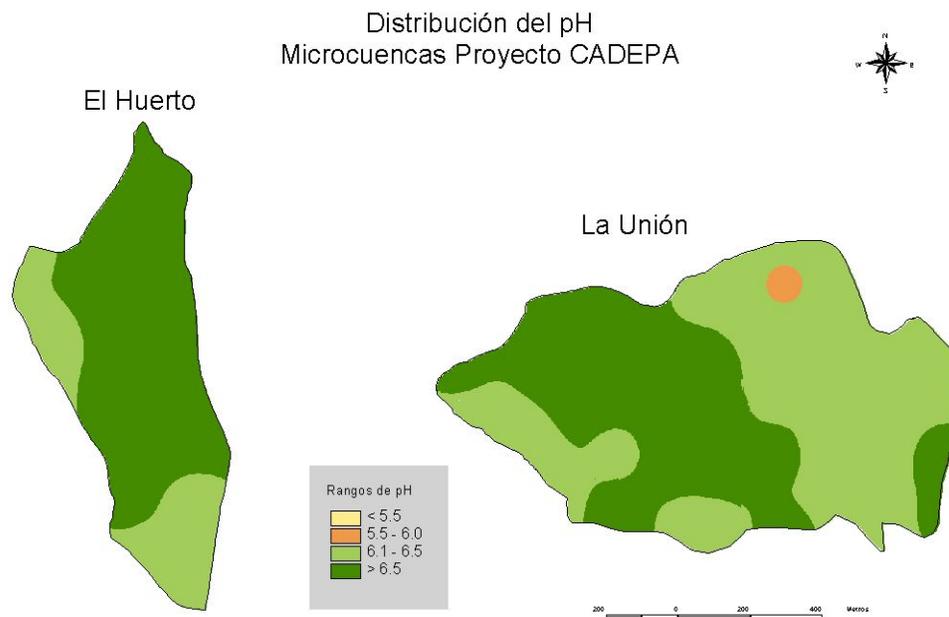


**Figura 3.1. Mapa de distribución del contenido de Materia Orgánica del suelo, MMC La Unión y El Huerto.**

### 3.2.2. ACIDEZ DEL SUELO (pH)

En general la acidez del suelo estudiado, no es un factor limitante. El valor promedio del pH es de 6,5 y de 6,6 con fluctuaciones entre 6,0 y 7,5. En la figura 3.2. se aprecia la distribución de los valores de pH, encontrándose que las muestras analizadas se distribuyen en partes iguales en valores de 6,1 a 6,5 con colores verde claro y mayores a 6,5 con colores verde oscuro en los mapas.

Siguiendo el mismo patrón de los suelos de toda la comuna, las mínimas microcuencas presentan desbalances en las bases de intercambio, con niveles de calcio medios a bajos y valores de magnesio altos y muy altos, lo que indicaría la necesidad de enmiendas con carbonatos de calcio, para mejorar este aspecto.



**Figura 3.2. Mapa de distribución de los niveles de acidez (pH en agua) del suelo, MMC La Unión y EL Huerto.**

### 3.2.3 MACRONUTRIENTES (N - P - K)

Los bajos niveles de materia orgánica, producto de las inadecuadas prácticas de manejo agrícola, afectan la disponibilidad de nutrientes del suelo, especialmente el nitrógeno. En el cuadro 3.1. y 3.2. se presentan los valores promedios y rangos de los macro nutrientes más importantes como son el nitrógeno disponible, el fósforo Olsen y el potasio disponible. Los valores para el nitrógeno son muy parecidos en ambas microcuencas con promedios de 8,5 y 8,7 ppm, indicando índices de disponibilidad muy bajo, lo que está generalizado, ya que más del 90 % de las muestras analizadas están en esta condición.

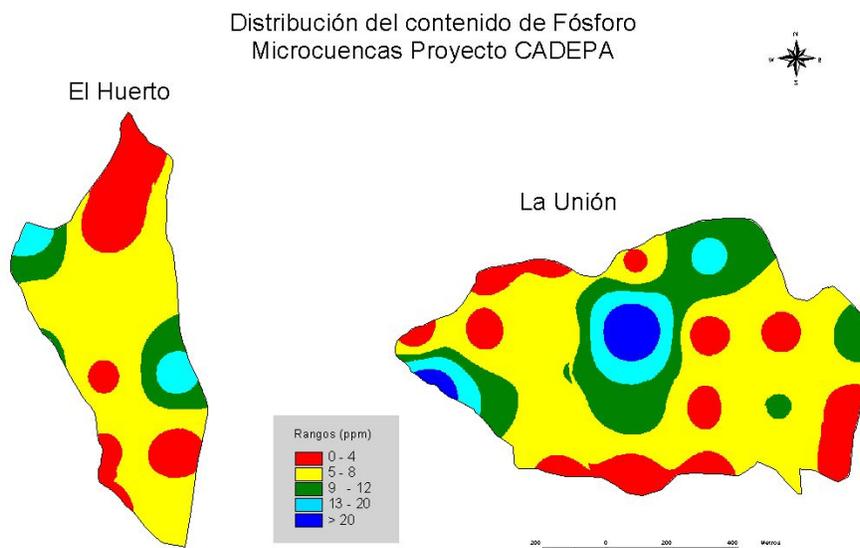
Para el caso del fósforo Olsen, el promedio es de 7,4 y de 7,1 para las MMC La Unión y El Huerto respectivamente, indicando un índice de disponibilidad bajo. La distribución de las categorías de disponibilidad para este elemento se encuentra que el 75% de las muestras de ambas micro cuencas están en niveles bajos y muy bajos. En la figura 3.3. se aprecia como se comporta el fósforo en forma espacial, indicándose con colores rojo amarillo y verde los valores menores a 12 ppm, que

representan contenidos bajos y muy bajos, con la mayor proporción de las superficies de ambas microcuencas.

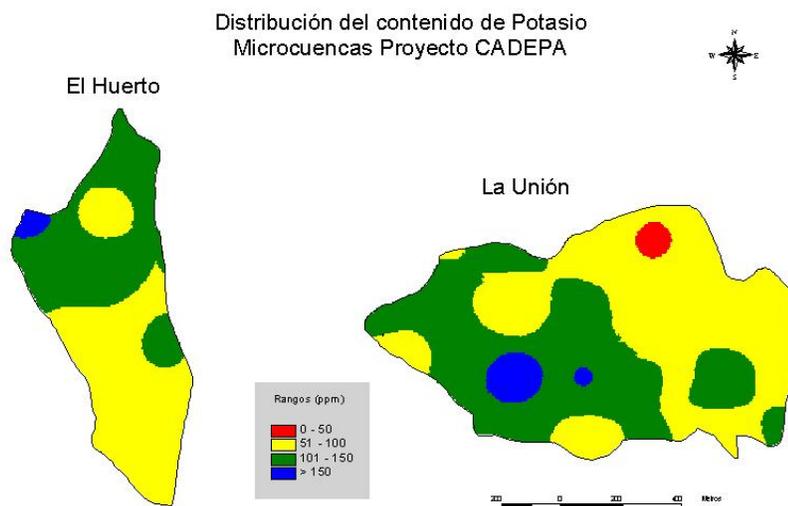
El potasio disponible se presenta en niveles medios a bajos, con promedios de 101 y 92 ppm en ambas microcuencas, con rangos de variación entre 40 y 196 ppm. En general el potasio es un nutriente limitante ya que se presenta sobre el 50% de las muestras con valores bajos, como se aprecia en la distribución espacial de la figura 3.4. en colores amarillos y rojo que representa los valores de potasio menores a 100 ppm.

### 3.2.4. BASES DE INTERCAMBIO (Ca – Mg – K – Na)

Las bases de intercambio en los suelos de las microcuencas estudiadas, presentan comportamientos diferentes, algunas están en niveles bajos y medios, como calcio, sodio y potasio, en cambio el magnesio esta en niveles altos y muy altos, lo que genera un desbalance que afectará la adecuada nutrición de las plantas con potasio y con calcio, por los excesos de magnesio.



**Figura 3.3. Mapa de la distribución de los niveles Fósforo Olsen (ppm) del suelo, MMC La Unión y El Huerto.**



**Figura 3.4. Mapa de distribución de los niveles Potasio disponible (ppm) del suelo, MMC La Unión y El Huerto.**

El calcio se presenta con valores promedio de 7,1 y 6,1 cmol+/Kg, para La Unión y El Huerto respectivamente, considerándose índices de disponibilidad medios, y más del 70 % de los valores se encuentra en niveles medios a bajos, por debajo de los 9,0 cmol+/Kg.

El magnesio presenta un comportamiento distinto al calcio, y otras de las bases analizadas, con un valor promedio de 3,4 y 2,9 cmol+/Kg, para la MMC La Unión y El Huerto, que corresponde a niveles muy altos de disponibilidad, con rangos que fluctúan entre 1,9 y 9,2 cmol+/Kg para La Unión y 0,4 a 9,9 cmol+/Kg para El Huerto. Esta situación implica que en la MMC La Unión el 100% de las muestras esta con índices altos y muy altos, en cambio en El Huerto el 58% esta en esta situación.

Los altos niveles de magnesio encontrados se deben al tipo de suelo y a las arcillas que los componen de tipo montmorillonita y vermiculitas. Esto genera problemas en la absorción del calcio y el potasio por los cultivos.

El potasio presenta valores medios de 0,3 y 0,2 cmol+/Kg para Las Unión y El Huerto respectivamente, con índices bajos a muy bajos. Los rangos están entre 0,1 y 0,5 cmol+/Kg, con un

58% y un 50% de las muestras en niveles bajos y muy bajos para La Unión y El Huerto respectivamente.

El sodio de intercambio tiene valores promedio en ambas microcunecas de 0,2 cmol+/Kg, con rangos que van entre 0,1 y 0,4 cmol+/Kg, considerados bajos y muy bajos, estos valores cambian cuando se usan con fertilizantes que contienen sodio como es el caso del salitre sódico.

La suma de bases se presenta en niveles medios a altos con promedios de 10,9 y 9,5 cmol+/Kg para las microcunecas estudiadas, según los cuadros 3.1. Y 3.2.

Las bases aportan a la nutrición de los cultivos en una condición de equilibrio que considera proporciones de Ca/Mg alrededor de 5:1 y de K/Mg entre 0,2 y 0,3:1. Para el caso de las microcunecas estudiadas se presentan estas relaciones de bases en la figura 3.5., donde se destaca que alrededor del 95,8% y el 83,3% de las muestras tienen una relación Calcio / Magnesio menor a 4, para la Unión y el Huerto, respectivamente, es decir hay una sería falta de calcio con respecto al magnesio, esto afecta la nutrición de las plantas, ya que este elemento desplaza al calcio. De la misma forma el potasio es afectado por los altos contenidos de magnesio, ya que la relación entre estos, según la figura 2.2.5, indica que el 91,7% y el 66,7% de las muestras analizadas presentan una proporción menor a 0,2 para La Unión y Huerto respectivamente.

Las proporciones de bases para los suelos estudiados, a pesar de que el pH o la acidez no son una limitante, requerirá del uso de enmiendas calcáreas de tipo calcitas para mejorar estos índices.

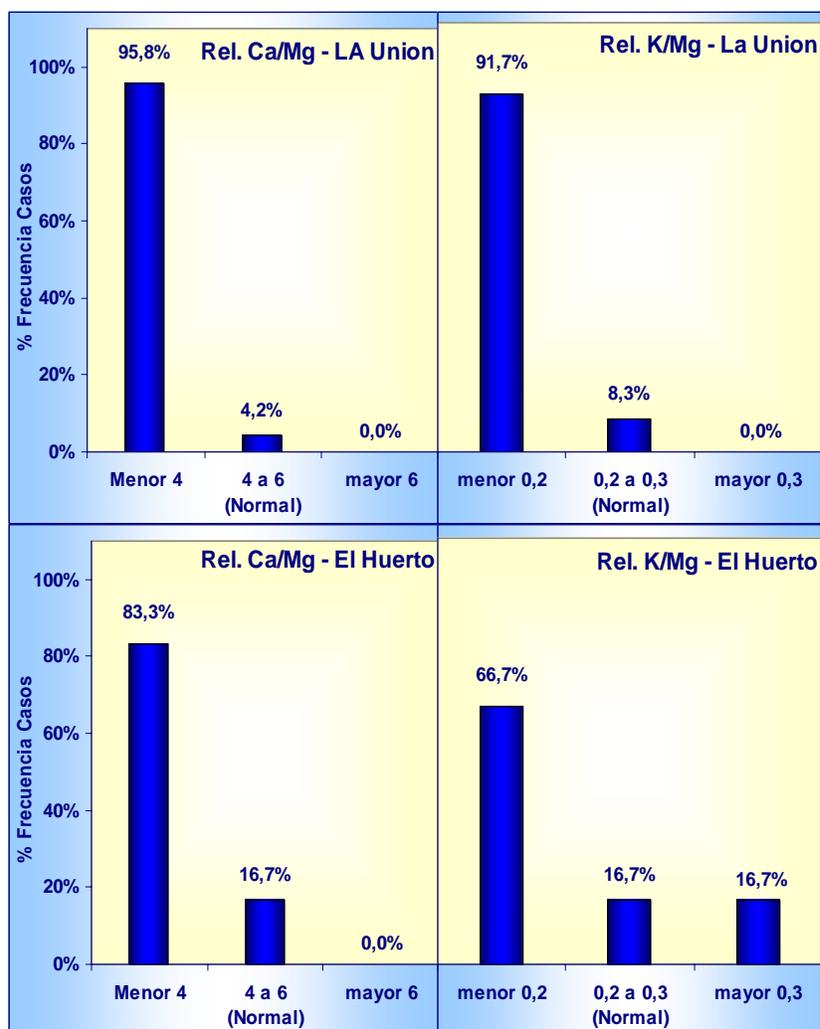


Figura 3.5. Frecuencia de casos para rangos de Relación Ca/Mg y K/Mg (cmol+/Kg) de los horizontes 1 y 2, MMC La Unión y El Huerto.

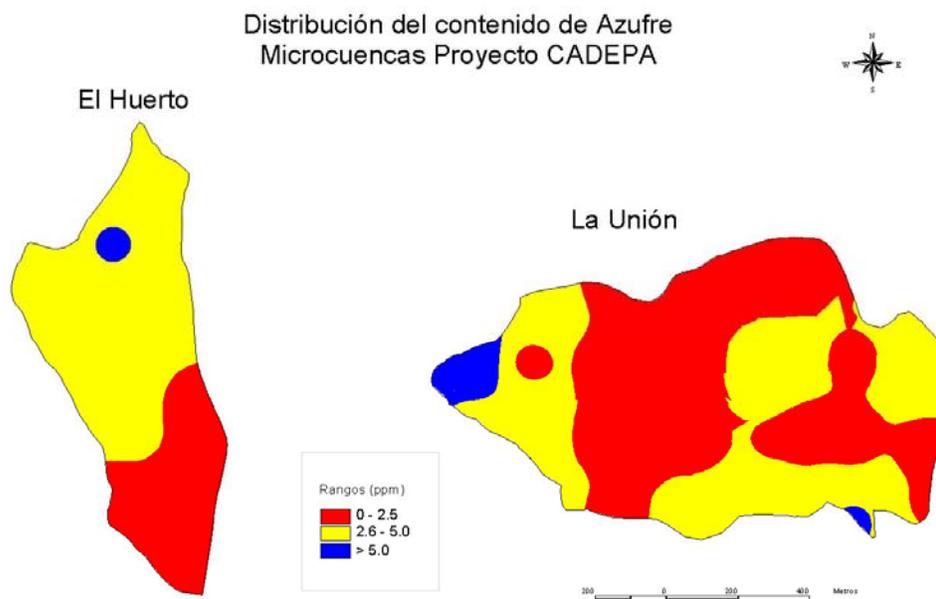
### 3.2.5. NUTRIENTES SECUNDARIOS Y MICRONUTRIENTES

El contenido de azufre se aprecia como uno de los nutrientes secundarios con bajos índices de disponibilidad, en promedio 3,3 y 3,0 ppm en ambas microcunecas, con rangos que no superan el valor medio (Cuadros 3.1. Y 3.2.), debido a los bajos contenidos de materia orgánica en los suelos estudiados.

La distribución espacial que se aprecia en la Figura 3.6. donde prácticamente toda la superficie estudiada en las microcuencas presenta valores menores a 5ppm, en colores rojo y amarillo, con índices muy bajos de disponibilidad.

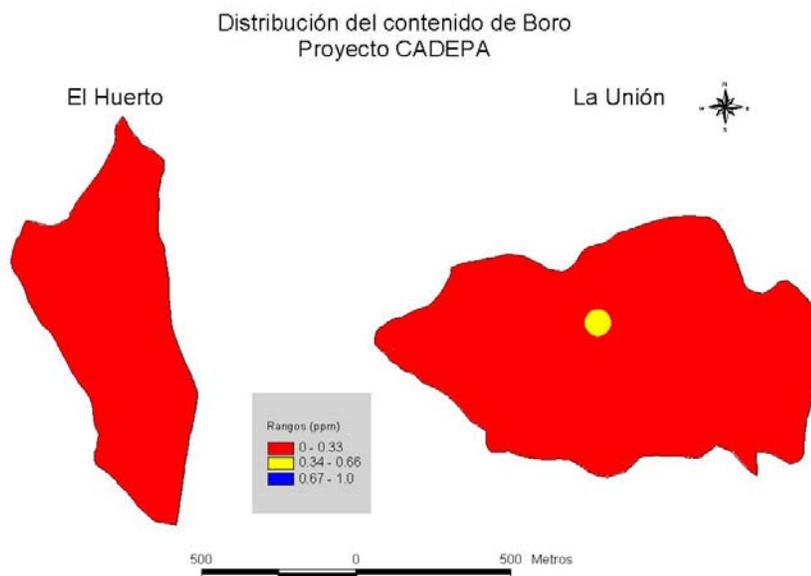
El azufre es un elemento secundario en la nutrición vegetal, pero esencial para el desarrollo de los cultivos, considerando esto y el grado de deficiencia en que se presenta deberá ser considerado en las fertilizaciones de cultivos en estos suelos.

Dentro de los micronutrientes estudiados destaca el boro, que como su nombre lo indica, las plantas requieren en pequeñas cantidades, sin embargo es esencial para su desarrollo y es un elemento que aparece muy deficitario en los suelos de las microcuencas estudiadas, además es de vital importancia para algunos cultivos como viñas, especialmente en aquellos que tienen activo crecimiento durante primavera verano, período en el cual la disponibilidad de agua del suelo es escasa y las deficiencias de boro se agravan, debido a que es absorbido en forma pasiva por las raíces, es decir, a través de la absorción de agua.



**Figura 3.6. Distribución de los niveles Azufre disponible (ppm) del suelo, en las MMC La Unión y EL Huerto.**

El boro se presenta con índices bajos y muy bajos en el primer horizonte, con promedios de 0,1 ppm y rangos de 0,1 a 0,4 ppm en ambas microcuencas (Cuadros 3.1. Y 3.2.).



**Figura 3.7. Mapa de la distribución de los niveles Boro disponible (ppm) del suelo, en MMC La Unión y El Huerto.**

La Figura 3.7. muestra el mapa de la distribución espacial del contenido de Boro, donde se aprecia que el total de la superficie de El Huerto y casi toda la superficie de La Unión, tiene menos de 0,33 ppm (color rojo), convirtiéndose en otro de los principales factores limitantes de la fertilidad.

El manganeso y hierro se encuentran en niveles altos en todo el área de la microcuencas, con promedios de 29,5 ppm y de 51.5 ppm respectivamente, en la MMC La Unión y de 28,4 ppm para manganeso y 40,3 ppm para hierro en la MMC El Huerto. Estos valores están muy por encima de rangos normales, ya que se considera una disponibilidad alta de estos micronutrientes cuando se encuentran concentraciones por sobre 1 ppm para el manganeso y sobre 4,5 ppm para hierro.

El cobre se presenta con valores aceptables en ambas microcuencas, con promedio de 1,0 ppm (cuadros 3.1. Y 3.2.), con rangos entre 0,3 y 1,6 ppm este elemento no es una limitante general para la zona, salvo algunas excepciones.

El zinc, presenta valores promedio con índices de disponibilidad medios a bajos, con 0,7 y 0,4 ppm para la Unión y El Huerto respectivamente. Los rangos de variación encontrados entre los valores mínimos y máximos son de 0,1 a 4,0 ppm para ambas microcuencas.

### **3.3. PROPIEDADES FÍSICAS**

Las propiedades físicas de los suelos, son importantes ya que influyen, sobre la retención y la dinámica del agua y sobre el grado de resistencia al crecimiento de las raíces.

En el estudio se determinaron algunas propiedades físicas, tales como: densidad aparente, porosidad, textura, capacidad de campo (CC), punto de marchites permanente (PMP), profundidad del perfil y humedad aprovechable entre otras. A continuación se describen las principales y que determinan los aportes de hídricos del suelo. El Cuadro 3.3. muestra los promedios, máximos, mínimos y la desviación estándar de los principales parámetros estudiados.

La textura de los suelos en general se presenta con contenidos de arcilla en categorías de medio a bajo, con promedios de 22,0% 20,3% para La Unión y El Huerto respectivamente, esto asociado a contenidos de arena del orden de 53%  $\pm$ 7,9% y 59,2  $\pm$ 11,9% para las respectivas microcuencas presenta suelos de tipo francos a franco arcillo arenosos, que son muy compactos y densos con una porosidad fina, que afecta la capacidad de almacenamiento de agua y la infiltración de agua en el perfil del suelo, debido al manejo de araduras que genera la destrucción de la capa vegetal y la erosión del suelo.

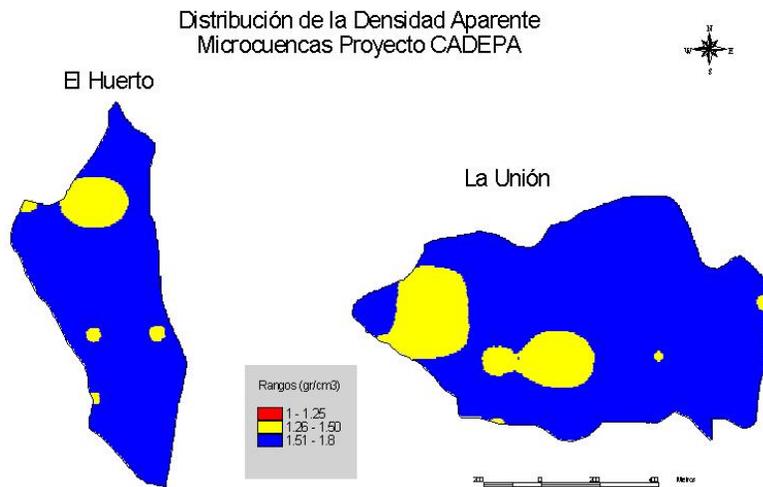
La densidad aparente de los suelos de las MMC presenta valores altos, con un promedio de 1,6 gramos por centímetro cúbico para ambas microcuencas, con un rango de 1,3 a 1,8 gr/cc (Cuadro 3.3.). La distribución espacial se aprecia en la figura 3.8. donde la mayor parte de la superficie presenta valores entre 1,51 y 1,8 gr/cc (color azul).

**Cuadro 3.3. Parámetros estadísticos de las propiedades físicas de los suelos de las MMC La Unión y El Huerto.**

| Parámetros Físicos.                 | Media | Máximo | Mínimo | Desv. estandar | Coef. Variación |
|-------------------------------------|-------|--------|--------|----------------|-----------------|
| <b>MMC La Unión</b>                 |       |        |        |                |                 |
| Arena (%)                           | 53,0  | 68,0   | 34,0   | 7,9            | 14,8            |
| Limo (%)                            | 25,1  | 63,6   | 10,9   | 10,3           | 41,3            |
| Arcilla (%)                         | 22,0  | 39,1   | 2,4    | 7,8            | 35,3            |
| Densidad Aparente (gr/cc)           | 1,6   | 1,8    | 1,3    | 0,1            | 8,2             |
| Porosidad (%)                       | 41,9  | 76,2   | 32,4   | 8,8            | 21,1            |
| Retención Humedad 1/3 atm (%)       | 19,8  | 36,4   | 12,8   | 4,7            | 23,7            |
| Retención Humedad 15 atm (%)        | 10,4  | 16,4   | 6,1    | 2,6            | 24,5            |
| Profundidad Horiz. 1+ Horiz. 2 (cm) | 38,8  | 65,0   | 24,0   | 9,1            | 23,5            |
| Humedad aprov. Horiz.1+Horiz.2 (cm) | 5,0   | 10,4   | 2,1    | 2,4            | 48,6            |
| <b>MMC El Huerto</b>                |       |        |        |                |                 |
| Arena (%)                           | 59,2  | 76,0   | 37,6   | 11,9           | 20,0            |
| Limo (%)                            | 20,5  | 29,3   | 6,9    | 6,5            | 31,7            |
| Arcilla (%)                         | 20,3  | 41,1   | 8,7    | 9,8            | 48,5            |
| Densidad Aparente (gr/cc)           | 1,6   | 1,8    | 1,4    | 0,1            | 7,1             |
| Porosidad (%)                       | 38,7  | 46,3   | 31,3   | 5,0            | 13,0            |
| Retención Humedad 1/3 atm (%)       | 15,3  | 22,6   | 9,0    | 5,7            | 37,4            |
| Retención Humedad 15 atm (%)        | 8,8   | 14,7   | 5,1    | 4,5            | 50,4            |
| Profundidad Horiz. 1+ Horiz. 2 (cm) | 37,0  | 43,0   | 32,0   | 4,0            | 10,7            |
| Humedad aprov. Horiz.1+Horiz.2 (cm) | 3,8   | 5,6    | 0,4    | 1,6            | 42,1            |

Dados los contenidos de arena y arcilla, y considerando las densidades aparentes altas, encontramos que los valores de humedad aprovechable del suelo son limitantes, ya que estas influyen directamente en la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los valores que se presentan en el Cuadro 3.3. calculados de acuerdo a los parámetros de retención de humedad a 1/3 (CC) y 15 atm (PMP), considerando los dos primeros horizontes del suelo, con una profundidad promedio de 38,8 y 37 cm las cantidades de agua que almacenan los suelos es de 5,0 y 3,8 cm para La Unión y El Huerto respectivamente.

Este último parámetro indica una fuerte restricción a la productividad, sumado a esto la falta de pluvimetría en épocas de primavera verano, hace necesario el uso de riego, para optar a rendimientos altos en cultivos de primavera verano o siembras tempranas en invierno para cereales y leguminosas de secano.



**Figura 3.8. Mapa de la distribución de la Densidad aparente (gr/cc) del suelo, en MMC La Unión y El Huerto.**

### 3.4. CONCLUSIONES

La fertilidad de los suelos de las MMC La Unión y EL Huerto, que ocupan una superficie de 82,7 y 40,6 has, respectivamente se ve disminuida por los efectos de la erosión hídrica a que han estado sometidos los suelos, con el uso de barbechos que lo dejan descubierto, a merced de las lluvias invernales. Esto también afecta las propiedades físicas, que se traduce en densidades aparentes altas, suelos con escasa estructura y porosidad que reduce sustancialmente la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil.

Es importante mejorar las condiciones del suelo en aspectos físicos mediante el uso de prácticas conservacionistas, como incorporación de guanos, uso de abono verde y cero labranza.

La fertilidad química del suelo está disminuida debido a la falta de aporte desde el suelo de nutrientes, limitado por los bajos contenidos de materia orgánica. Por tanto es necesario el manejo de residuos y la incorporación de enmiendas orgánicas para mejorar aspectos de fertilidad, así como las propiedades físicas.

### **3.5. BIBLIOGRAFÍA.**

- CIREN, 1999. Estudio Agrológico VIII Región. Tomo 1 y 2. Descripción de suelos Materiales y Símbolos. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación CIREN N° 121. 586 p.
- Fernández E., Fernando; Ruiz S., Carlos. 2003. Producción Moderna de Cultivos y Praderas en el Secano Interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98. 126p.
- Rodríguez S, Nicasio. 2002. Manejo de la fertilidad de los suelos del secano interior. En: Curso Internacional Manejo de Microcuenca y prácticas Conservacionistas de Suelo y Agua. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Quilamapu. Serie Actas N° 22, p. 181-189

## CAPÍTULO 4

### COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS



#### **Autores**

Shigehiko Yoshikawa

Jorge Riquelme Sanhueza

Nicasio Rodríguez Sánchez

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

# COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS

## 4.1. INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo afecta el crecimiento de los cultivos y el funcionamiento de las máquinas agrícolas. Esto no ocurre solamente en el secano interior de Chile, sino en todo el mundo, convirtiéndose en uno de los problemas del deterioro del suelo. La compactación y consolidación del suelo ocurre cuando el agua que infiltra lleva arcillas superficiales o hierros hacia estratos inferiores donde se aglomeran, formando una capa muy dura (capa de subsuelo), o cuando el suelo se compacta por el tránsito de maquinaria agrícola pesada, se forma así una capa dura (capa compactada) en los estratos bajos. A nivel mundial, se considera actualmente como principal causa de la compactación, el tránsito de la maquinaria agrícola (Raghavan et al, 1977; Sanchez-Girón, 1996). En la siembra directa de soja, que se efectúa en Paraguay, que tiene más de 10 años de historia, algunas anomalías se han observado en la distribución de las raíces debido a la compactación del suelo, con lo que el rendimiento se ha visto afectado. Para corregir este problema, se usa una sembradora de cero labranza con un abresurco tipo cuchilla (Figura 4.1.) el que efectúa una hendidura en el suelo de 10 cm de profundidad y además deja más separada la semilla del fertilizante (Seki y Sato, 2002).

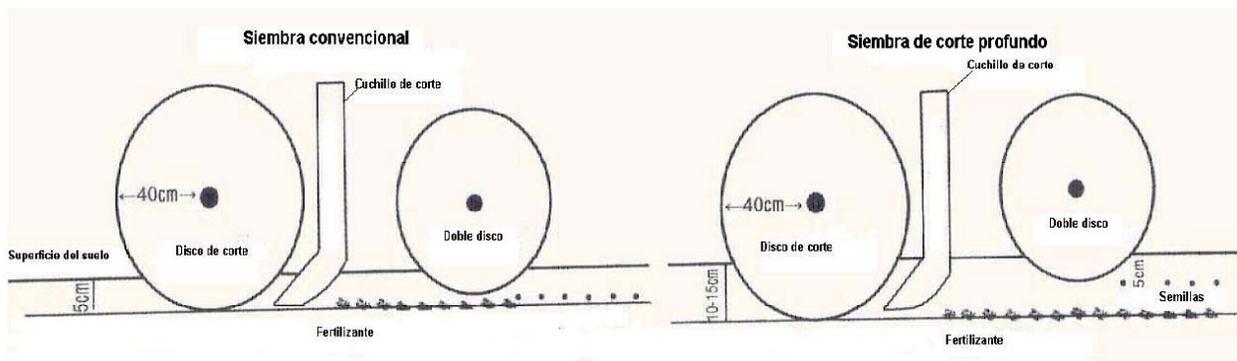


Figura 4.1. Diagrama esquemático que describe la profundidad de corte con un disco y una cuchilla añadido a una sembradora de cero labranza (Seki y Sato, 2002).

#### **4.2. COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL SECANO INTERIOR DE CHILE**

La causa de la compactación del suelo en el secano interior de Chile es diferente, ya que se observan problemas de compactación del suelo aún en tierras agrícolas, donde por primera vez se efectúa cero labranza, por lo que no hay influencia previa del recorrido de maquinaria agrícola pesada.

Según los estudios de suelos efectuados en el secano interior de Chile (Comuna de Ninhue), alrededor del mes de noviembre, a fines de la primavera, el suelo se seca y en muchos lugares la tensión de humedad alcanza más de 15 atm. Se trata de una estrata ubicada a más de 30 cm de profundidad, cuyo suelo es seco y de coloración blanquecina. La densidad aparente es mayor de 1.5 gr/cc.

Si se efectúa una prueba de infiltración con una muestra de suelo mediante un cilindro, se observa el fenómeno de que la capa dura se hincha y se eleva. Esto significa que el suelo en la época de sequía se contrae por sequedad hasta el punto de cambiar la estructura de la parte de la capa dura, y luego se hincha por la humedad del período de lluvias, éste ciclo se repite todos los años. De esta manera, en el secano interior de Chile, el proceso de compactación ocurre no sólo por el tránsito de la maquinaria sino por los cambios naturales de seco a húmedo.

También existen muchos lugares, donde la capa superficial del suelo tiene bajo contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es mayor en la capa subsuperficial que en la superficial, lo que demuestra la pérdida y acumulación de partículas arcillosas en las capas inferiores del suelo (Cuadro 4.1.).

#### **4.3. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL GRADO DE COMPACTACIÓN**

Para determinar el grado de compactación de un suelo, se mide la resistencia a la penetración del suelo utilizando el penetrómetro de cono, que está compuesto de un cono de área de sección fija y un resorte (Foto 4.1.). En este estudio se utilizó un penetrómetro marca YAMANAKA, cuyo valor indicador es la profundidad que se entierra el cono (mm), el que se relaciona paralelamente con la resistencia a la penetración expresada en MPa/cm<sup>2</sup>.

**Cuadro 4.1. Características del suelo en el Secano Interior de Chile (Ninhue)**

| Nº de Horizonte | M.O. (%) | CIC (cmol/kg) | Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> ) | Volumen de Poros (%) | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) |
|-----------------|----------|---------------|---|----------------------|-----------|----------|-------------|
| 1               | 2.65     | 11.2          | 1.50                                    | 43.4                 | 62.1      | 21.6     | 16.3        |
| 2               | 1.38     | 12.5          | 1.56                                    | 41.2                 | 55.3      | 20.8     | 23.9        |
| 3               | 0.99     | 12.9          | 1.59                                    | 40.1                 | 52.5      | 19.4     | 28.1        |
| 4               | 1.00     | 15.4          | 1.63                                    | 38.6                 | 48.1      | 20.6     | 31.4        |

Los datos corresponden a terrenos de vega o suelos planos.



**Foto 4.1. Penetrómetros. Arriba: durómetro de suelo YAMANAKA. Abajo: Registrador de penetración DAIKI.**

En el Cuadro 4.2. se muestra el valor estándar relativo a la dificultad de desarrollo de las raíces del cultivo, y también la fórmula para convertir el índice de dureza del suelo en presión por sección de área unitaria. Este método es útil para efectuar mediciones de las secciones laterales de una calicata.

Otro penetrómetro es el “medidor de dureza” registrador de penetración (Marca DAIKI modelo SR-2), que registra la resistencia máxima a la penetración cada 5 cm hasta una profundidad de 60 cm. Este instrumento es apropiado para saber dónde se ubican las capas compactadas.

**Cuadro 4.2. Índice de dureza del suelo obtenido con penetrómetro YAMANAKA.**

| Apreciación de la compactación del suelo | Índice de dureza X YAMANAKA (mm) | Resistencia a la penetración P (Mpa/cm <sup>2</sup> ) | Efecto en el desarrollo de las raíces |
|--|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| Muy suelto                               | 0 – 10                           | 0 – 0.14  | Fácil                                 |
| Suelto                                   | 11 – 18                          | 0.15 – 0.46   | Fácil                                 |
| Moderado                                 | 19 – 24                          | 0.47 – 1.16   | Poco difícil                          |
| Compactado                               | 25 – 28                          | 1.17 – 2.43   | Difícil                               |
| Muy compactado                           | > 29                             | > 2.44  | Muy difícil                           |

$$* P = (12.5 * S * X / 0.795 (40-X)^2) * 0.098 \text{ Mpa/cm}^2$$

Donde S = Constante que depende de la punta del instrumento, para este caso 8.0

X = Índice de dureza YAMANAKA (mm)

También, existe una máquina que mide las 3 fases del suelo (proporción en volumen de los componentes físicos del suelo: sólido, líquido y aire), recogido mediante un cilindro muestreador de 100cc (medidor trifásico del suelo), por medio del cual, se puede saber el grado de compactación, midiendo la densidad aparente o la porosidad del suelo. Se denomina porosidad al cociente entre el volumen de poros con agua y aire y el volumen total del suelo (Sánchez-Girón, 1996).

Se puede saber indirectamente el grado de compactación mediante los estudios de la sección del suelo, de la capacidad de infiltración del agua y del movimiento del agua en el suelo utilizando pintura blanca (Foto 4.2.). Se vierte sobre un cilindro enterrado en el suelo un volumen de pintura blanca, cuando termina de infiltrar, se efectúa una calicata para determinar la forma de penetración de la pintura.



**Foto 4.2. Método de la pintura blanca**

#### **4.4. EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN EN EL SUELO**

La compactación del suelo, puede provocar los siguientes problemas:

(a) Mayor capacidad de arrastre de suelo superficial, debido a que la capacidad de infiltración del suelo se reduce.

Por lo tanto existe una mayor posibilidad de ocasionar erosión del suelo.

(b) La capacidad de retención del agua se reduce debido a la menor porosidad del suelo.

(c) Se limita el crecimiento en profundidad de las raíces.

(d) Como resultado de la limitante anterior, la absorción de nutrientes desde el suelo se reduce.

(e) Afecta el buen funcionamiento de la maquinaria agrícola. Si el suelo está compactado, se limita la profundidad de siembra de la sembradora, por consiguiente las semillas quedan esparcidas o descubiertas (Foto 4.3.).

La Figura 4.2. muestra los resultados de las mediciones de dureza de suelo, efectuada con penetrómetro DAIKI. En el caso de la sembradora de tracción animal, los abresurcos no cortan el suelo y no puede realizarse la labor de siembra.

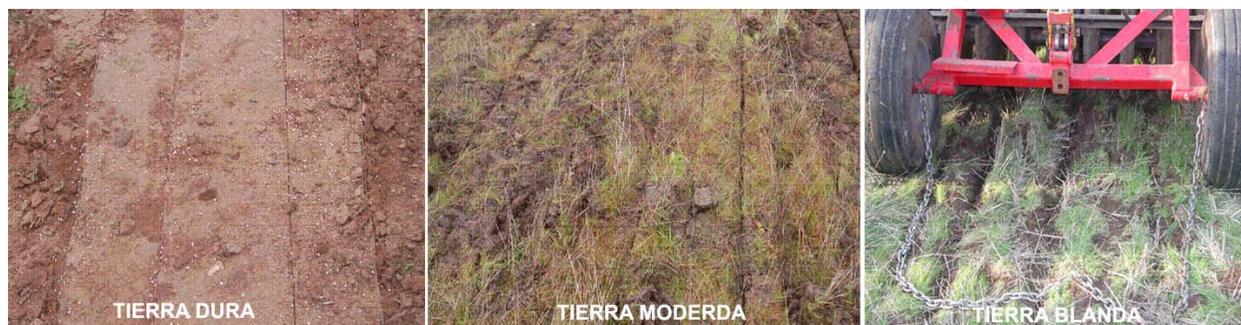


Foto 4.3. Resultado de la siembra sobre distintas condiciones de suelo.

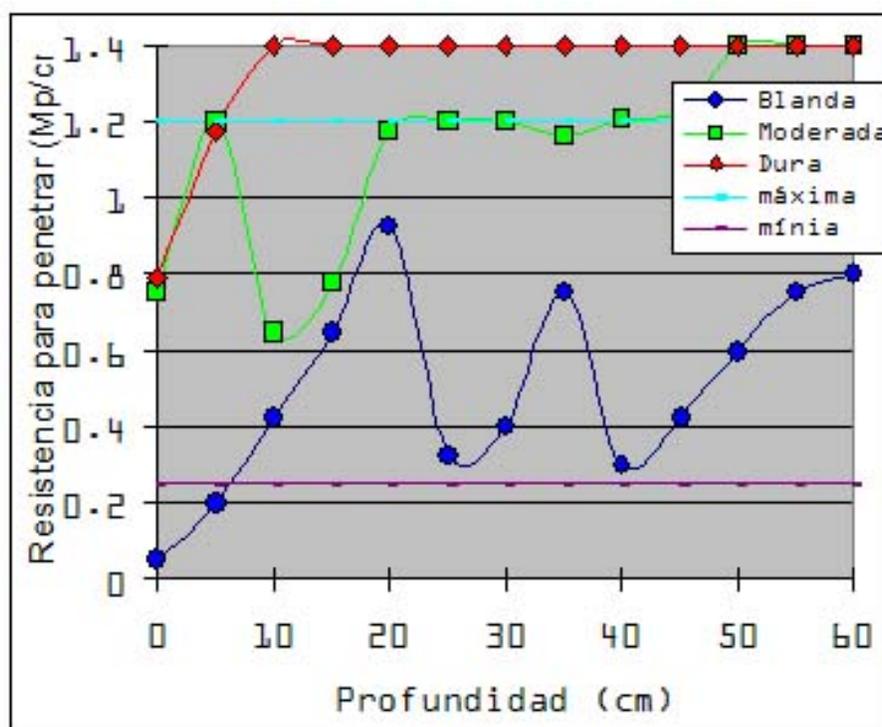


Figura 4.2. Resultado de las mediciones de dureza para las distintas condiciones del suelo.

El Cuadro 4.3. muestra una referencia de la dureza del suelo, medidas con el penetrómetro DAIKI, junto con las recomendaciones para el uso de una sembradora de cero labranza tirada por un tractor de tracción asistida de 90 HP, en la siembra de cero labranza. El suelo demora cuatro días después de la lluvia en alcanzar la resistencia

adecuada para ejecutar la labor de siembra (Figura 4.3.).

**Cuadro 4.3. Recomendaciones para el trabajo de una máquina sembradora tirada por tractor en función de la resistencia del suelo.**

| Capa del suelo arable* (0-10/20 cm) | Capa del subsuelo* (> 10/20 cm) | Trabajo de la sembradora tirada por tractor             | Labores adicionales                            |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|--|
| Dura                                | Dura                            | No debe trabajar. Se afecta la profundidad de siembra   | Cinzel o Subsulado                             |
| Dura                                | Moderada                        | Se afecta la profundidad de semilla                     | Cinzel o Subsolador                            |
| Moderada                            | Moderada / Dura                 | Sembradora trabaja bien                                 |  |
| Moderada                            | Blanda                          | Trabajar con cuidado                                    | Al girar en las cabeceras poner mucha atención |
| Blanda                              | Dura /Moderada                  | Trabajar con cuidado. La semilla queda muy profunda     | No trabajar suelos con pendiente               |
| Blanda                              | Blanda                          | No se puede trabajar. Tractor y sembradora se entierran |  |

**Resistencia a la penetración (Mpa/cm<sup>2</sup>): Dura > 13; Moderada 3 – 13 y Blanda < 3**

El Cuadro 4.4. muestra el efecto del subsulado en el desarrollo y rendimiento del trigo, en mediciones realizadas en las Parcelas de Ensayos del Proyecto CADEPA (PECA). Cuando el suelo no se subsola, la extensión de las raíces se restringe y el crecimiento del trigo es malo. En cuanto a la asimilación de nutrientes, especialmente el azufre y micronutrientes que no son aportados como fertilizante, son menores en el suelo sin subsolar. Como resultado de todo esto el rendimiento del trigo es deficiente.

La Foto 4.4. muestra el daño producido por exceso de humedad en los cultivos de lentejas. Debido a la compactación del suelo, el agua no infiltra en épocas de lluvias, lo que impide el intercambio de aire dentro del suelo, produciendo la insuficiencia de oxígenos en las raíces de los plantas. Esto no sólo limita el crecimiento de las raíces, sino que impide la formación de nódulos, además se incrementan los daños producidos por hongos.



Foto 4.4. Daño por exceso de humedad en lentejas. (San José, Ninhue, 2003).

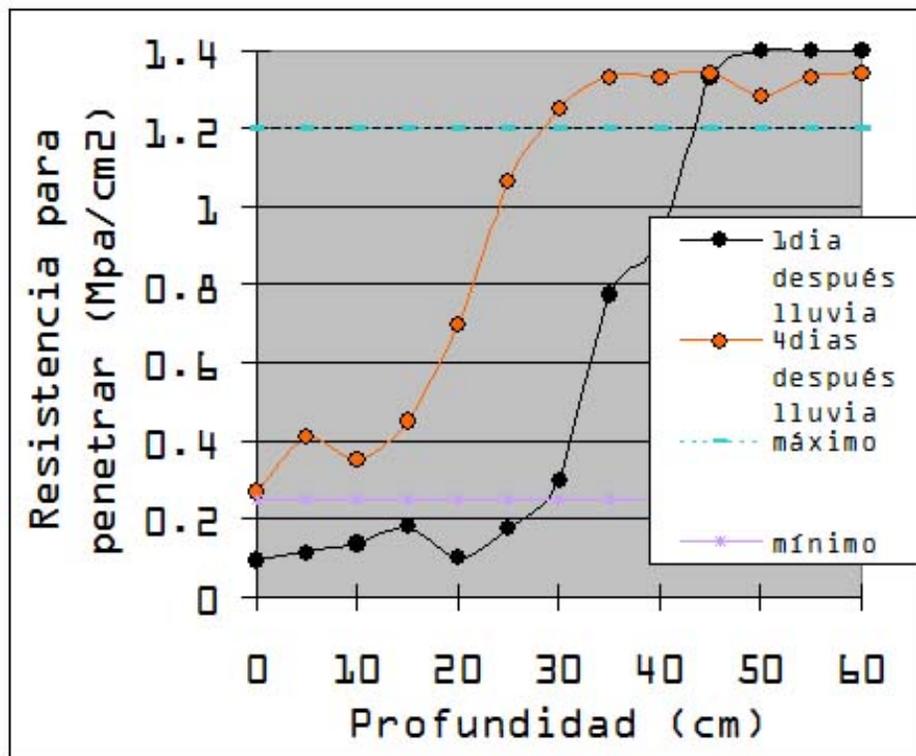


Figura 4.3. Cambios en la resistencia del suelo a la penetración después de la lluvia (San José, Ninhue, 2003).

**Cuadro 4.4. Efecto del subsolado en la asimilación de nutrientes y en el rendimiento del trigo. (San José, Ninhue, 2003).**

| Tratamiento Subsulado | N (%)*      | S (%) *       | Rendimiento (t/ha) | Espigas (Nº/m <sup>2</sup> ) | Nº de granos/ espiga | Peso/ mil granos |
|-----------------------|-------------|---------------|--------------------|------------------------------|----------------------|------------------|
| Sin                   | 4.51 ± 0.96 | 0.140 ± 0.026 | 2.86 ± 0.73        | 290 ± 0.40                   | 26.3 ± 2.5           | 47.8 ± 2.4       |
| Con                   | 3.14 ± 0.19 | 0.187 ± 0.029 | 3.60 ± 0.55        | 298 ± 0.32                   | 31.7 ± 2.3           | 49.5 ± 0.5       |

\* medido el 26 de agosto del 2003.

La Figura 4.4. muestra los resultados de las mediciones de aguas escurridas, durante el año 2003, en las parcelas de evaluación de erosión con distintos tratamientos: pradera natural, cero labranza y labranza convencional (ver Capítulo 5 de este mismo boletín). Aunque no muestra directamente la compactación del suelo, aparece una mayor cantidad de agua escurrida en la pradera natural y cero labranza que en el cultivo convencional. Esto demuestra que el movimiento de suelo mejora la infiltración de agua, no obstante en estos mismos ensayos, la labranza convencional presentó la mayor pérdida de suelo. De acuerdo con esto el subsolado debe realizarse manteniendo rastrojos sobre el suelo, para evitar que el suelo sea disgregado por el impacto directo de la gota de lluvia y arrastrado en el resto del agua que escurre.

La Foto 4.5. muestra la distribución de raíces y el recorrido del agua en el perfil del suelo, observados con el método de verter pintura blanca para saber las influencia del subsolado en el establecimiento del cultivo. Si se compara las fotos de la parte media superior (subsulado) con la parte media inferior (sin subsulado), se observa que la pintura blanca se filtra en el suelo a través de las fisuras producidos por el subsolador.

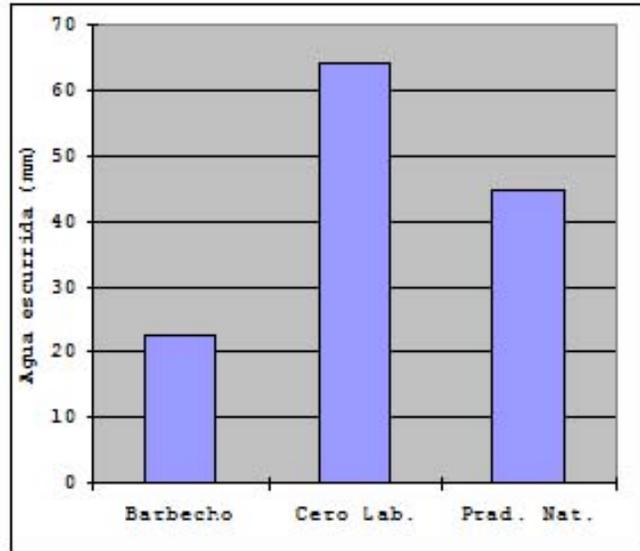


Figura 4.4. Escurrimiento de agua en las parcelas de evaluación de erosión. (PECA, 2003).



Foto 4.5. Observación del perfil del suelo con tinta blanca (PECA, 2002).

Arriba: sin subsolado      Abajo: con subsolado

## 4.5. MEDIDAS PARA CORREGIR LA COMPACTACIÓN DEL SUELO

### 4.5.1. Subsulado de suelo

Con el arado subsolador se puede reducir la compactación del suelo. La Foto 4.6. muestra un arado de tres brazos tipo parabólicos, cada uno de ellos rompe el suelo en un ancho de 60 cm y hasta una profundidad máxima de 50 cm. El ancho de trabajo total del equipo es de 1,8 m. En su trabajo deja el suelo agrietado.



**Foto 4.6. Arado subsolador tres brazos de enganche integral al Tractor.**

En la Figura 4.5. se muestra el resultado de las mediciones de resistencia a la penetración efectuadas con un penetrómetro DAIKI, en diferentes situaciones. La medición efectuada en el suelo sin subsolar, muestra que inmediatamente a los cinco cm de profundidad existe una zona compactada con mayor resistencia a la penetración, que en superficie y a 10 cm de profundidad, luego a partir de los 20 cm de profundidad el suelo presenta en todo su

perfil la máxima resistencia a la penetración. La medición efectuada inmediatamente después del subsolado sobre la línea de trabajo de un brazo, muestra una reducción de la resistencia a la penetración en todo el perfil del suelo incluso más abajo de la profundidad de trabajo del subsolador (50 cm). La medición efectuada en la línea media del paso de dos brazos, también muestra un comportamiento similar, pero una resistencia a la penetración mayor que el caso anterior, de todas maneras esto comprueba que existe un efecto lateral del trabajo de los brazos. La medición efectuada al año siguiente del subsolado sobre la línea de trabajo del brazo muestra que ya se ha producido un alza en la resistencia a la penetración con respecto al primer año, su máximo valor de resistencia se presenta a los 20 cm de profundidad. Lo que se podría atribuir al tránsito de la maquinaria o al comportamiento de las arcillas del suelo ya analizadas anteriormente. La medición entre los brazos realizada al año siguiente del subsolado muestra que el suelo a partir de los 15 cm de profundidad ya ha recuperado su alta resistencia a la penetración de un suelo sin subsolar. Esto demuestra que el trabajo de subsolado debe ser acompañado de otras medidas de corrección que se muestran más adelante. Si se utiliza un arado cincel, para corregir la compactación, la profundidad de trabajo solo alcanza a los 15 cm. Cuando se trabaja con el subsolador se forman terrones grandes en la superficie de la tierra, los que obstaculizan el trabajo de siembra, por ello es necesario reducir el tamaño de los terrones y emparejar el suelo con el uso de un vibrocultivador.

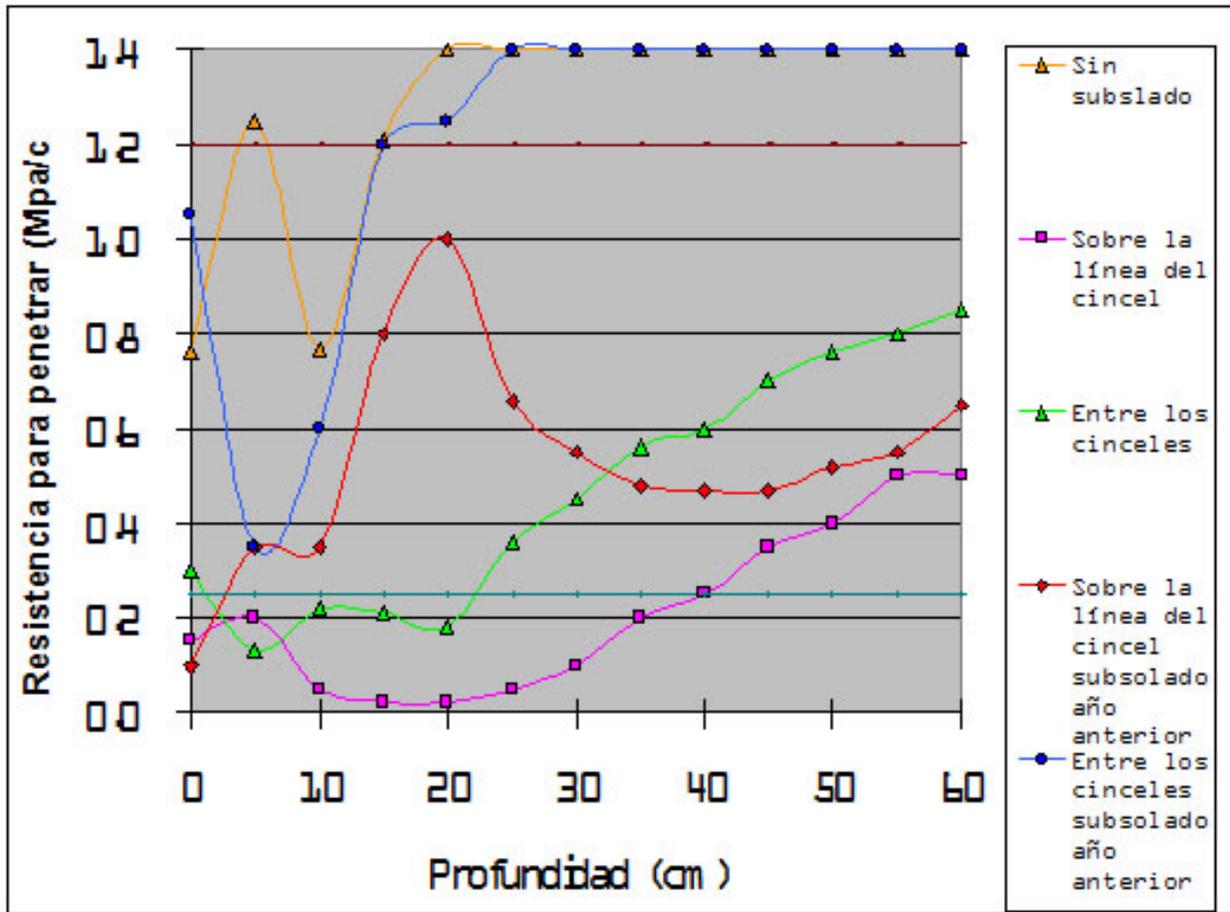


Figura 4.5. Efecto del subsolado sobre la compactación del suelo (PECA, 2003).

Como el trabajo del subsolador ,junto con el vibrocultivador ,dejan el suelo descubierto, es posible que la erosión se incremente. Por ello se debe restringir el uso del subsolador a aquellos suelos que técnicamente requieran este tipo de trabajo. En especial se debe tener cuidado de no mullir demasiado los terrones con el vibrocultivador.

Por otro lado, como el tratamiento con subsolador puede aumentar la capacidad de drenaje del suelo durante las lluvias, es deseable que la dirección del tratamiento no sea totalmente perpendicular sino con una pequeña pendiente del 3 por mil, para que ayude a evacuar los excesos de agua a modo de zanjas de desviación.

Para iniciar el sistema de cero labranza es conveniente efectuar el subsolado, debido a la falta de la estructura del suelo, pero a medida que se continúe sembrando con cero labranza, la estructura del suelo tenderá a mejorar por

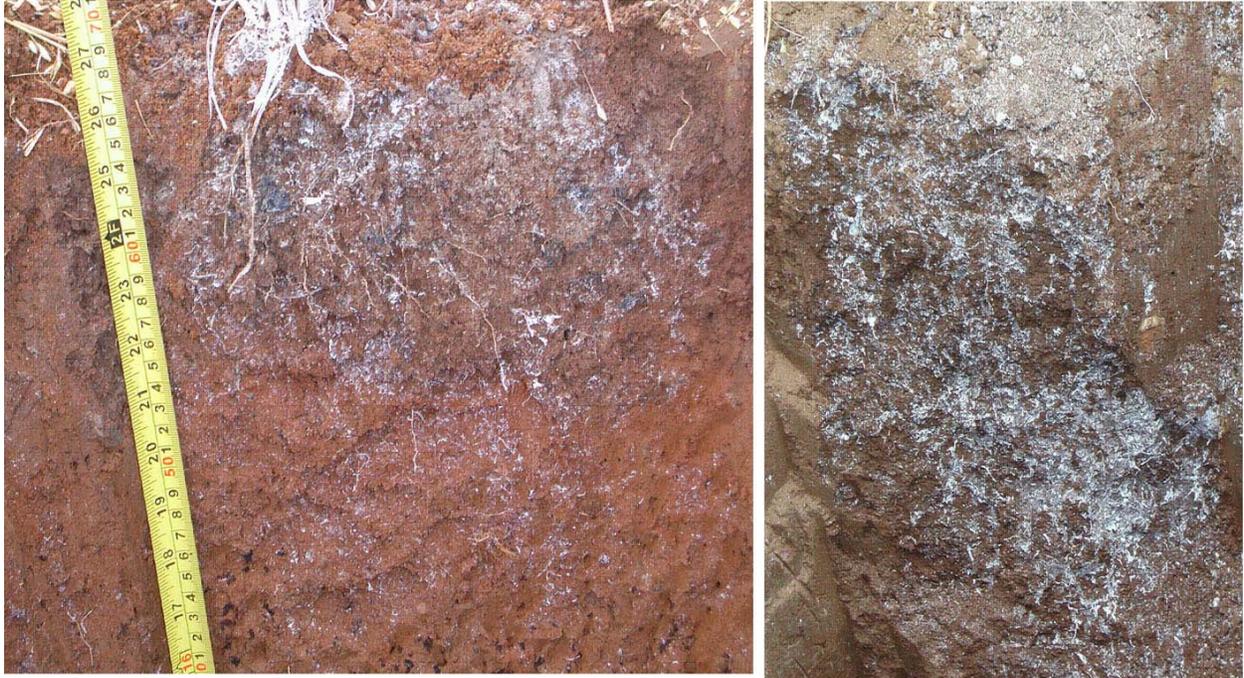
la acción de las raíces de las plantas, acumulaciones de materias orgánicas en el suelo superficial, y actividades de la fauna del suelo, no requiriéndose de esta manera el uso del subsolador. Algunos expertos estiman que cada 6 años sería necesario volver a subsolar el suelo. En el sistema de cero labranza lo más importante es promover el desarrollo de la estructura del suelo para que no se requiera utilizar el subsolador.

#### 4.5.2. Utilización de plantas de raíz profunda

Durante el período del barbecho se pueden sembrar plantas de raíz profunda como lupino, cuyas raíces se extienden profundamente, y cuando ellas se pudren dejan espacios porosos (Foto 4.7.). La estructura del suelo llega hasta la profundidad gracias al suministro de materias orgánicas a las capas profundas, y de esta manera se puede resolver la compactación del suelo. La desintegración de las capas compactadas por el subsolador es muy efectiva pero artificial y transitoria, y por otro lado, la eliminación de las capas compactadas mediante el buen uso de plantas de raíz profunda es lenta pero se puede esperar efectos estables junto con la combinación de actividades de la fauna del suelo como lombrices. La Foto 4.8. muestra el efecto en el mejoramiento de la infiltración del agua mediante el método del vaciado de pintura blanca, en un suelo manejado con Lupino.



**Foto 4.7. Raíz de Lupino. (San José, Ninhue).**



**Foto 4.8. Observación del perfil de suelo mediante el método de vaciado de pintura blanca (San José, Ninhue, 2002). Izquierda sin Lupino. Derecha con Lupino.**

#### 4.5.3. Fauna del suelo

La fauna del suelo como lombrices forman galerías en el suelo, y sus heces se convierten en agregados estables, con lo cual se mejoran las capas compactadas. Pero, para que habite esta fauna, se requiere la existencia de materias orgánicas, que son alimentos, y la humedad adecuada del suelo (Foto 4.9).



**Foto 4.9. Lombriz y su huevo**

#### 4.5.4. Cobertura de la superficie del suelo

La cobertura de la superficie del suelo por plantas y sus restos previene la evaporación de aguas del suelo y por consiguiente, la compactación del suelo debido a la contracción por sequedad. También esta cobertura tiene el efecto de aminorar el impacto de las gotas de lluvia y prevenir la generación de costras en la superficie del suelo por partículas del suelo disgregadas. Esta costra, que es una capa dura de un espesor de 5 mm, producida por partículas del suelo disgregadas, causa desórdenes en la germinación de semillas, pudrición de tallos alrededor de las raíces e impedimento de la entrada del aire al suelo. También es muy efectiva para el suministro de materias orgánicas a la superficie del suelo y la formación de agregados (Foto 4.10..)

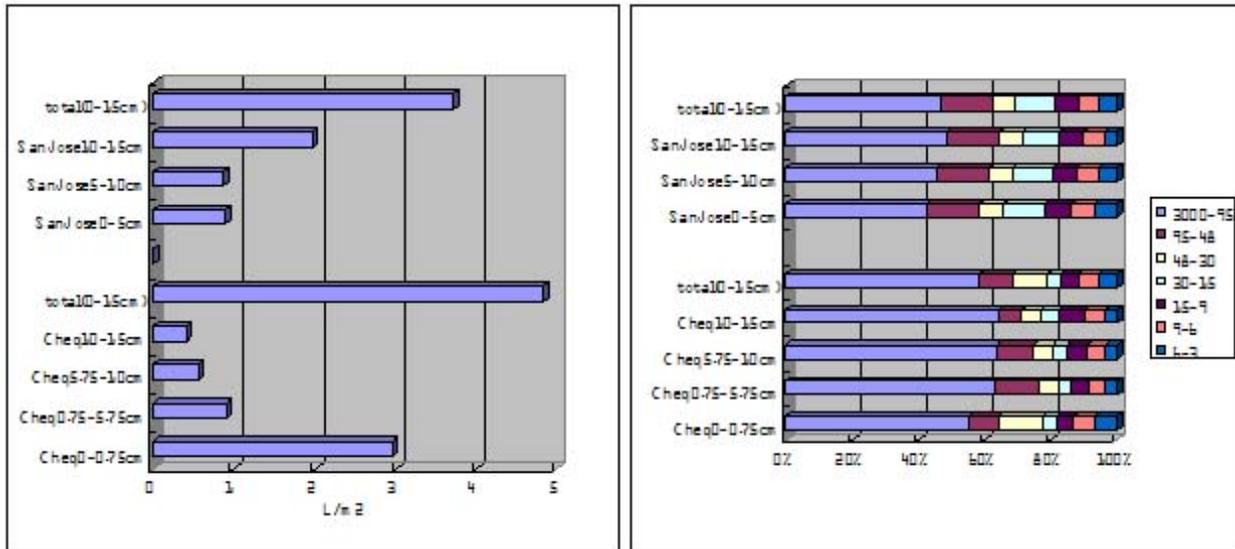


**Foto 4.10. Cobertura de la superficie del suelo con rastrojos. (Chequén, Florida)**

#### **4.6. FUTURO DE LAS MEDIDAS CONTRA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO**

Considerando las medidas contra la compactación del suelo dentro del sistema de cero labranza, que se recomiendan para impedir la erosión, en el cultivo de cereales en el secano interior, la estructura del suelo, incluyendo el problema de compactación, mejoraran anualmente a medida que continúe la cero labranza. El sistema de la cero labranza tiene la perspectiva futura de formar una estructura estable de agregados en el suelo, como el suelo de un bosque, por ende un suelo con buena capacidad de drenaje y de retención de humedad, menor erosión y alta productividad de cultivos, por medio del desarrollo de las raíces de los cultivos, la acumulación de materias orgánicas en la capa superficial y las actividades de la fauna del suelo como lombrices. Lo importante es llevar a cabo integralmente todas las medidas antes mencionadas según las características del suelo, y cambiar lo más rápido posible a un suelo que tenga desarrollada su estructura. La Figura 4.6. y el Cuadro 4.5. muestran la comparación de un suelo con más de 20 años de cero labranza en forma continua, fundo

Chequén de don Carlos Crovetto en Florida, con el suelo de San José en Ninhue, que ha cambiado a cero labranza recientemente, en cuanto a las características físicas y químicas y la composición de la porosidad. Llama la atención la disminución en la densidad aparente, el incremento de la materia orgánica y el fósforo después de 20 años de cero labranza.



**Figura 4.6. Comparación de la porosidad de un suelo manejado con cero labranza durante 20 años y un suelo con un año de cero labranza (Chequen Florida y San José Ninhue).**

El suelo donde se cultiva trigo en la Comuna de Ninhue del secano interior es principalmente suelo arenoso pardo amarillento (suelo granítico), suelo rojo (ultisol), y suelo pardo negruzco (suelo arcilloso aluvial). El suelo arenoso pardo amarillento tiene relativamente buena infiltración, es fácil de disgregar y su erodabilidad es alta, por consiguiente es importante tanto la limitación del uso del subsolador, en especial el vibrocultivador, como la cobertura de la superficie de la tierra. El suelo rojo es apropiado para ejecutar labores de subsolado. El suelo pardo negruzco es arcilloso y de alta contracción, agrietándose grande y profundamente en el período de sequía. El tratamiento con subsolador es necesario para el drenaje en la temporada de lluvia, pero no tiene efecto para el rompimiento de las capas compactadas. Es un tipo de suelo que en que se puede esperar un buen comportamiento de los cultivos de raíz profunda, como el Lupino, para la formación una estructura estable de agregados.

**Cuadro 4.5. Comparación de la fertilidad de un suelo manejado con cero labranza durante 20 años y un suelo con un año de cero labranza (Chequén y San José, 2003)**

|  | Profundidad<br>(cm) | Densidad<br>aparente | Sólido<br>(%) | GAS<br>(%) | Líquido<br>(%) | Porosidad<br>(%) |
|--|---------------------|----------------------|---------------|------------|----------------|------------------|
| San José<br>(subsolado)                      | 0-5                 | 1.6                  | 59.4          | 32.6       | 8.1            | 40.7             |
|  | 10-15               | 1.5                  | 54.8          | 26.9       | 18.4           | 45.3             |
| Chequen<br>(cero labranza<br>más de 20 años) | 0-0.75              | 1.2                  | 45.8          | 30.1       | 24.1           | 54.2             |
|  | 0.75-5.75           | 1.4                  | 53.3          | 21.5       | 25.2           | 46.7             |
|  | 10-15               | 1.7                  | 64.6          | 7.7        | 27.9           | 35.6             |

|  | Profundidad<br>(cm) | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | CIC<br>(cmol/kg) | M.O.<br>(%) | N<br>(ppm) | P<br>(ppm) |
|--|---------------------|--------------------------|------------------|-------------|------------|------------|
| San José                                     | 0-11                | 6.5                      | 13.5             | 1.7         | 13         | 2          |
|  | 11-25               | 6.6                      | 17.8             | 1.1         | 11         | 1          |
|  | 25-                 | 6.8                      | 14.0             | 0.6         | 16         | 1          |
| Chequen<br>(cero labranza<br>más de 20 años) | 0-7                 | 6.7                      | 30.9             | 13.4        | 24         | 119        |
|  | 7-13                | 6.4                      | 14.6             | 4.6         | 10         | 58         |
|  | 13-                 | 6.3                      | 14.3             | 3.4         | 7          | 16         |

#### 4.7. BIBLIOGRAFÍA

RAGHAVAN, G.; MCKEYS, E.; STEMSHORN, E.; GRAY, A. and BEAULIEU. 1977. Vehicle compaction patterns in clay y soil. Transactions ASAE, 20(2):218-220,225.

SÁNCHEZ-GIRÓN, VICTOR. 1996. Dinámica y Mecánica de Suelos. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid. 426 p.

SEKI, Y. and SATO, O. 2002. Slit-sowing Effects on Soybean Root Distribution in No-tillage Fields of Paraguay, Japanese Journal of Tropical Agriculture, Vol. 46: 290-294.

## CAPÍTULO 5

### ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN MEDIANTE PARCELAS DE ESCORRENTÍA



#### **Autores**

Jorge Riquelme Sanhueza

Shigehiko Yoshikawa

Ciro Beldar Navarro

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

## **ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN MEDIANTE PARCELAS DE ESCORRENTÍA**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Los suelos del secano interior que se encuentran en el área geográfica denominada Cordillera de la Costa, es una de las regiones naturales del país más afectada por la erosión, en particular el tramo comprendido entre la V y VIII regiones. En este sector, alrededor de un 63% de su superficie (2 millones de ha) está fuertemente erosionada (CONAMA, 1994).

En un experimento de medición de erosión realizado en Cauquenes, con parcelas de escorrentías de 11 m de largo y 11% de pendiente, siguiendo la metodología de Stocking (1985), se determinó que las pérdidas acumuladas de suelo para el sistema convencional fueron de 12,9 ton/ha y 2,8 ton/ha para la cero labranza (Del Pozo et al, 1993).

En otro experimento similar efectuado durante los años 1994 y 1995, por el SAG en el Fundo Chequén, Comuna de Florida, Provincia de Concepción, se midieron pérdidas de suelo en un sistema convencional de 1,53 a 3,7 ton/ha/año mientras que en cero labranza esas pérdidas se redujeron a 0.29 y 0.10 ton/ha/año (Lagos, 2000).

Dada la necesidad de medir el comportamiento de la cero labranza con respecto a la erosión en los suelos de la localidad de San José de Ninhue, se establecieron parcelas de medición de escorrentía, en la Parcela Experimental del Proyecto Cadepa con dos tipos de pendiente,.Los resultados de estas mediciones se presentan en este capítulo.

### **5.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se establecieron parcelas de medición de erosión de acuerdo con la metodología propuesta por Stocking (1985). Con el objetivo de evaluar el efecto sobre la erosión, infiltración del agua y pérdidas de nutrientes, de diferentes sistemas de manejo de suelo, en el establecimiento de cultivos tradicionales y pradera natural permanente, durante cuatro años, en la Parcela Experimental del CADEPA (PECA), en el sector San José de la Comuna de Ninhue, VIII Región, Secano Interior Valle central de Chile. Figura 5.1.

Las parcelas del sitio con menor pendiente, que se terminaron de instalar en julio del 2001, midieron 11 m de largo por 3,5 m de ancho, rodeadas por una pared de plástico, de 15 cm de altura, para facilitar que sólo el agua de lluvia que precipita, infiltrara y escurriera dentro de la parcela. Las pendientes en el sentido del largo de la parcela, en el primer sitio de evaluación, variaron entre un 11 a un 13%, con un promedio de 12%. En mayo del 2002 se terminó la instalación de un segundo sitio de medición cuyas pendientes variaron entre 16 a 21 % con un promedio de 18,5%.



Figura 5.1. Parcelas de medición de erosión, PECA, San José, Ninhue.

En el extremo más bajo de las parcelas se instaló una caja colectora, con el mismo ancho de la parcela, que tenía un sector plano sobre los que se depositaban los sedimentos más gruesos durante los eventos de lluvia. El resto del fluido escurría y se concentraba en una única salida, que mediante un tubo, conducía finalmente el fluido hasta un primer tambor de 200 L.. En el interior del primer tambor existía un balde de 20 L., que servía para recoger eventos de lluvia menores. Eventos mayores, podían ser medidos en un tambor de 200 L. y si incluso el evento superaba la capacidad del tambor, entonces existía un sistema de conexión mediante el cual un 1/15 de lo que escurría del primer tambor pasaba a un segundo tambor, donde también en su interior existía un tambor pequeño de 20 L.

Después de cada evento de lluvia, se recogía el sedimento grueso depositado sobre la chapa inferior de la caja colectora. Así mismo, se determinaba el contenido de sedimento fino del fluido reunido en los tambores. También se medía el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo contenidos en los sedimentos erosionados.

En las parcelas de medición de erosión se efectuaron los siguientes tratamientos:

T1: Sistema de manejo de cultivo tradicional, el primer año se barbecho el suelo, al segundo año se sembró trigo, al tercer año se volvió a barbechar, para sembrar nuevamente al año siguiente.

T2: Sistema de cero – labranza, se controlaron las malezas antes de la siembra y se sembró con cero-labranza, una rotación leguminosa de grano –trigo.

T3: Parcela con pradera natural, el suelo no se cultivaba y permanecía con la vegetación natural que puede producir.

Para el análisis de los resultados se empleo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

En el Cuadro 5.1, se muestran las características físico-químicas del suelo en que se estableció el ensayo, en el se aprecia que se trata de un suelo franco arcilloso, con incremento de las arcillas en profundidad y con una alta densidad aparente, resistente a la penetración. Baja capacidad de retención de humedad en superficie, pero bajo los 12 cm se incrementa la capacidad de retención de agua, por el aumento del contenido de arcilla. Se observó una buena condición de acidez, un bajo contenido de materia orgánica, condición habitual en estos suelos que se encuentran muy degradados. Sólo el primer horizonte tiene un buen contenido de fósforo y nitrógeno, así como el potasio en un nivel medio, en cambio en profundidad los niveles de nitrógeno y fósforo descendieron mucho.

**Cuadro 5.1. Propiedades físicas y químicas del suelo del ensayo.**

| Característica                   | Horizontes             |         |          |
|----------------------------------|------------------------|---------|----------|
|                                  | A                      | B       | C        |
| <b>Profundidad cm.</b>           | 0 - 12                 | 12 - 30 | 30 - 100 |
| <b>Densidad Aparente gr./cc</b>  | 1,55                   | 1,47    | 1,44     |
| <b>Textura (USDA)</b>            | Franco Arcillo Arenoso | Arcilla | Arcilla  |
| Humedad a 0,3 Atm (%H)           | 17,8                   | 29,5    | 30,1     |
| Humedad a 15 Atm. (%H)           | 9,3                    | 18,1    | 19       |
| Penetrómetro                     | 19                     | 16      | 12       |
| Nutrientes disponibles (%)       |                        |         |          |
| pH                               | 6,4                    | 6,6     | 7,2      |
| M.O.                             | 2,2                    | 2,3     | 1,5      |
| N                                | 21 M                   | 1 MB    | 5 MB     |
| P                                | 14 A                   | 2 MB    | 3 MB     |
| K                                | 111 M                  | 105 M   | 109 M    |
| Bases de intercambio cmol(+)/kg. |                        |         |          |
| <b>Ca</b>                        | 10,84                  | 21,53   | 21,57    |
| Mg                               | 6,11                   | 12,08   | 12,02    |
| Na                               | 0,15                   | 0,33    | 0,49     |
| K                                | 0,25                   | 0,31    | 0,30     |
| Al                               | 0,0063                 | 0,0235  | 0,0059   |
| Microelementos (ppm)             |                        |         |          |
| Zn                               | 0,56                   | 0,15    | 0,19     |
| Fe                               | 72,47                  | 49,7    | 47,35    |
| Cu                               | 1,65                   | 1,50    | 1,14     |
| Mn                               | 26,65                  | 12,71   | 15,21    |
| B                                | 0,1                    | 0,12    | 0,06     |
| S                                | 3,7                    | 2,8     | 4,3      |

Las bases de intercambio presentan un buen contenido y relación. La disponibilidad de B, S, Zn indican insuficiencia para los requerimientos de cultivos, praderas y frutales.

De la ecuación universal de erosión  $A = R K L S C P$  (Wischmeir y Smith, 1978), para estimar la erosión, se extrapolaron los datos para una ladera de 100 m de longitud (L) donde:

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

Donde f es la longitud de la pendiente en metros.

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

Donde s es la pendiente en porcentaje.

$$\text{De esta manera: } L * S = (f)^{0,5} * (0,0138 + 0,0095s + 0,00138s^2)$$

Así para el caso de una pendiente de 12% y una ladera de 11 m de longitud de acuerdo con la ecuación universal de la erosión tenemos:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Por ejemplo si para la parcela de longitud 11 m y pendiente de un 12%.

$$A = 0,436 \text{ ton/ha}$$

Entonces:

$$L * S = (f)^{0,5} * (0,0138 + 0,0095s + 0,00138s^2)$$

Reemplazando los valores de longitud y pendiente tenemos:

$$L * S = (11)^{0,5} * (0,0138 + 0,0095 * 12 + 0,00138 * 12^2) = 1,083$$

$$\text{De esta manera } R * K * C * P = A / (L * S) = 0,436 / 1,083 = 0,403$$

Para f = 100 m y s = 12%

$$L * S = (100)^{0,5} * (0,0138 + 0,0095 * 12 + 0,00138 * 12^2) = 3,2652$$

$$\text{De esta manera } A = (R * K * C * P) * (L * S) = 0,403 * 3,2652 = 1,316 \text{ ton/ha.}$$

### 5.3. RESULTADOS

#### 5.3.1. Resultados del primer año (2001)

Debido a que sólo el 18 de julio se estuvo en condiciones de poder iniciar las mediciones, tanto el movimiento de suelo requerido para la instalación de los sistemas de medición, así como los eventos continuos de lluvia que caracterizaron el periodo de instalación, influyeron en que el registro de las mediciones fuese demasiado variables y que no se presentaran diferencias estadísticas entre tratamientos. En el Cuadro 5.2., se muestra el resumen de los resultados medidos en diferentes fechas, correspondiente a los eventos de lluvia. Sólo a partir del 29 de agosto se observó un comportamiento similar al registrado en mediciones realizadas en otros lugares, donde las mayores pérdidas de suelo se producen con la labranza convencional. Esto se reduce con cero labranza y praderas naturales con una adecuada cobertura de suelo.

**Cuadro 5.2. Resultados promedios de las observaciones realizadas en cada evento de lluvia.**

|                                | Fecha de los muestreos                 |        |        |        |        |       | Total        |
|--------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|
|                                | 18/Jul                                 | 23/Jul | 31/Jul | 8 /Ago | 29/Ago | 2/Oct |              |
| <b>Perdidas de suelo</b>       | <b>Gramos por parcela</b>              |        |        |        |        |       | <b>Total</b> |
| Barbecho                       | 3650                                   | 3523   | 3369   | 624    | 9217   | 539   | 22929        |
| Cero Labranza                  | 3415                                   | 3369   | 3873   | 647    | 3708   | 254   | 15226        |
| Pradera Natural                | 2395                                   | 2118   | 1290   | 343    | 1567   | 243   | 7956         |
| <b>Escurrimiento de agua</b>   | <b>Litros por parcela</b>              |        |        |        |        |       | <b>Total</b> |
| Barbecho                       | 1314                                   | 1238   | 896    | 196    | 2180   | 3     | 5827         |
| Cero Labranza                  | 1585                                   | 2088   | 2221   | 397    | 1321   | 1     | 7613         |
| Pradera Natural                | 2278                                   | 1769   | 426    | 130    | 286    | 3     | 4892         |
|                                | <b>mm</b>                              |        |        |        |        |       |              |
| <b>Σ Lluvia del evento</b>     | 59,4                                   | 58,6   | 39     | 12,6   | 103,4  | 37    | 310          |
|                                | <b>Litros equivalentes por parcela</b> |        |        |        |        |       |              |
| <b>Equivalente por parcela</b> | 2287                                   | 2256   | 1501   | 485    | 3981   | 1425  | 11935        |

#### 5.3.2. Resultados del segundo año (2002)

En el Cuadro 5.3., se muestran los resultados promedios de las mediciones realizadas después de cada evento de lluvia, datos medidos hasta el 15 de octubre, fecha en que se produjo el último evento significativo de lluvia en el sitio de instalación de las parcelas de medición de erosión con menos pendiente (12%).

Con respecto al total de pérdida de suelo, acumulada en el año 2002, se observó la misma tendencia de evaluaciones realizadas en el Secano Interior de Cauquenes (Del Pozo et al, 1993), mayores pérdidas en el sistema tradicional, menores en cero labranza y mucho menos en Pradera Natural.

**Cuadro 5.3. Resultados promedios de las mediciones realizadas en cada evento de lluvia, en el sitio de ensayo con una pendiente promedio del 12%. PECA, San José, Ninhue, 2002.**

| Fecha de los muestreos              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | 17-May | 28-May | 03-Jun | 07-Jun | 17-Jun | 01-Jul | 22-Jul | 24-Jul | 30-Jul | 07-Ago | 19-Ago | 26-Ago | 30-Ago | 11-Sep | 20-Sep | 07-Oct | 15-Oct | Total        |
| <b>Sedimentos (gr./parcela)</b>     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicional</b>                | 1040   | 3365   | 2889   | 3498   | 1039   | 1962   | 2583   | 5425   | 1213   | 887    | 1437   | 1962   | 150    | 248    | 117    | 160    | 122    | <b>28097</b> |
| <b>Cero Labranz</b>                 | 1410   | 4130   | 1453   | 1787   | 391    | 1164   | 845    | 2264   | 430    | 364    | 543    | 891    | 50     | 131    | 79     | 194    | 181    | <b>16307</b> |
| <b>Pradera Nat</b>                  | 429    | 984    | 411    | 628    | 151    | 187    | 168    | 396    | 60     | 56     | 94     | 216    | 40     | 38     | 21     | 49     | 40     | <b>3968</b>  |
| <b>Escurrencimiento (L/parcela)</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicio.</b>                  | 176    | 791    | 792    | 398    | 173    | 331    | 912    | 1887   | 464    | 513    | 288    | 3188   | 76     | 101    | 138    | 586    | 904    | <b>11718</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                   | 1581   | 2561   | 2273   | 2060   | 209    | 731    | 2257   | 2617   | 1093   | 1672   | 1005   | 2684   | 155    | 147    | 701    | 767    | 2203   | <b>24716</b> |
| <b>Pradera Nat</b>                  | 1198   | 1351   | 1489   | 1246   | 143    | 260    | 552    | 1353   | 233    | 480    | 268    | 2213   | 17     | 90     | 115    | 172    | 524    | <b>11704</b> |
| <b>Suma lluvia (mm)</b>             | 77.2   | 69.7   | 61.3   | 39.6   | 22.4   | 31.4   | 52.9   | 64.7   | 23.1   | 30.7   | 30.3   | 108.1  | 18.2   | 19.4   | 25.8   | 55.4   | 37.1   | <b>767.3</b> |
| <b>Equiv. parcela (L)</b>           | 2972   | 2683   | 2360   | 1525   | 862    | 1209   | 2037   | 2491   | 889    | 1182   | 1167   | 4162   | 701    | 747    | 993    | 2133   | 1428   | <b>29541</b> |

**Cuadro 5.4. Resultados promedios de las mediciones realizadas en cada evento de lluvia, en el sitio de ensayo con una pendiente promedio del 18,5%. PECA, San José, Ninhue, 2002.**

| Fecha de los muestreos              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | 17-May | 28-May | 03-Jun | 07-Jun | 17-Jun | 01-Jul | 22-Jul | 24-Jul | 30-Jul | 07-Ago | 19-Ago | 26-Ago | 30-Ago | 11-Sep | 20-Sep | 07-Oct | 15-Oct | Total        |
| <b>Sedimentos (gr/parcela)</b>      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicio.</b>                  | 792    | 2866   | 2600   | 1791   | 454    | 925    | 1859   | 10124  | 744    | 885    | 1038   | 2023   | 59     | 104    | 119    | 144    | 104    | <b>26631</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                   | 2129   | 4777   | 5265   | 5094   | 1165   | 2337   | 3258   | 8137   | 1874   | 1193   | 1806   | 3833   | 183    | 492    | 270    | 509    | 224    | <b>42546</b> |
| <b>Pradera Nat</b>                  | 1279   | 2630   | 2366   | 1984   | 385    | 1033   | 1034   | 3522   | 462    | 629    | 652    | 1444   | 75     | 130    | 91     | 78     | 75     | <b>17869</b> |
| <b>Escurrencimiento (L/parcela)</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicio.</b>                  | 393    | 888    | 1680   | 1271   | 266    | 425    | 1301   | 2500   | 454    | 1507   | 509    | 3004   | 43     | 41     | 209    | 255    | 617    | <b>15363</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                   | 1963   | 2307   | 2321   | 2131   | 329    | 858    | 2377   | 2510   | 854    | 901    | 913    | 3013   | 92     | 200    | 589    | 617    | 1148   | <b>23123</b> |
| <b>Pradera Nat</b>                  | 911    | 1369   | 1666   | 1204   | 162    | 442    | 1099   | 2067   | 485    | 1294   | 487    | 3040   | 34     | 68     | 128    | 181    | 352    | <b>14989</b> |

Las pérdidas de suelo fueron mayores en cero labranza en los dos primeros eventos de lluvia, a partir del 3 de junio siempre fueron mayores las pérdidas de suelo en el sistema tradicional, hasta el 20 de septiembre, luego en los dos últimos eventos de lluvia las pérdidas fueron mayores en cero labranza.

En los primeros cuatro eventos de lluvia, el escurrimiento de agua fue menores en el sistema tradicional a partir del 17 de junio, el escurrimiento fue menor en pradera natural.

En cuanto al total de escurrimiento de agua, llama la atención el mayor escurrimiento registrado en el sistema de cero labranza, que duplicó el escurrimiento registrado en labranza convencional y pradera natural. El escurrimiento total registrado en labranza convencional fue muy similar al de la pradera natural, lo que se contradice con otras mediciones realizadas en las que la mayor infiltración se consigue con pradera natural y la menor infiltración se produce con el sistema tradicional.

No obstante, está claro que, a pesar del mayor escurrimiento a que son sometidas las parcelas de Cero Labranza y Pradera Natural en ambos sistema, se logró disminuir el arrastre de sedimentos.

En conversaciones sostenidas con el equipo de trabajo del proyecto, se llegó a la conclusión que, debido a que los suelos están muy deteriorados por la erosión, se han concentrado los contenidos de arcilla en algunos sectores, subsuperficiales, generando estratas compactadas que impiden la infiltración del agua lo que puede ser mejorado en el futuro mediante el incremento de la materia orgánica. Posiblemente se requieren también de una labor de ruptura de suelo, denominado subsolado, acompañado de una cobertura vegetal que impida la erosión y mejore la infiltración del agua (ver capítulo anterior).

En las últimas filas del Cuadro 5.3. se muestra la sumatoria de lluvia de los eventos. Ahí se puede observar que existe una alta respuesta del escurrimiento y el arrastre de sedimentos al volumen de agua registrado en los eventos.

En el Cuadro 5.4., se muestran los resultados de los promedios de las mediciones realizadas en cada evento de lluvia procesados hasta el 15 de octubre, en las parcelas con una pendiente mayor al 18,5%. En este caso aparece con menor pérdida de suelo la pradera natural, le sigue el sistema tradicional y finalmente con unas pérdidas muy significativas de suelo, la cero labranza.

En estas parcelas también se midió un menor escurrimiento de agua en la pradera natural y el sistema tradicional con respecto a la cero labranza. Tanto en cero labranza como en pradera natural las pérdidas de suelo se incrementaron notablemente, con respecto a las mediciones del sitio con menor pendiente, con excepción de la labranza convencional donde a pesar que se produjo un mayor escurrimiento hubo una menor pérdida de sedimentos. Por otro lado, existió un mayor escurrimiento en labranza convencional y pradera natural, con respecto a las parcelas de menor pendiente, no así, en el caso de la

cero labranza, en que el escurrimiento fue menor en comparación a las parcelas de menor pendiente. Alguna explicación de este extraño fenómeno, se puede encontrar en que éste fue el primer año de instalación de estas parcelas, y siempre durante la instalación de las parcelas, se interviene el suelo tanto para la instalación de los sistemas de recolección, como para ubicar el plástico que separa el escurrimiento interno como del externo, lo que provoca mayor arrastre de sedimentos.

En cuanto a la mayor pérdida de suelo registrada en la cero labranza, esta se produjo debido a la forma de la parcela y su ubicación dentro del bloque de los tratamientos, por lo que es imposible sembrar en contorno, de esta manera la siembra se tuvo que efectuar en el sentido de la pendiente, a esto también, se unió el hecho de que para evitar pisar los colectores la siembra se tuvo que realizar subiendo la pendiente, lo que generó un mayor esfuerzo para el tractor lo que incremento la compactación de rueda, generando surcos que facilitaron la erosión del suelo.

En nuestras recomendaciones con respecto a la cero labranza, se ha puesto como límite de trabajo en pendiente un 18%. Por ello el efecto producido por la cero labranza en un 18,5% corrobora más aún nuestra recomendación de no sembrar cero labranza en pendientes mayores.

Todas estas mediciones han sido muy importantes para aconsejar a los agricultores en el uso correcto de las máquinas sembradoras, las siembras se deben realizar siempre en contorno cortando la pendiente, de lo contrario el remedio puede ser peor que la enfermedad.

### **5.3.3. Resultados del tercer año (2003).**

En el Cuadro 5.5. se muestran los resultados promedios de las mediciones realizadas después de cada evento de lluvia, datos medidos hasta el 30 de noviembre, en las parcelas de medición de erosión con menos pendiente (12%).

Con respecto al total de pérdida de suelo, acumulada en el año 2003, se observa la misma tendencia registrada en el año 2002, mayores pérdidas en el sistema tradicional, menos en cero labranza y menor aún en pradera natural. Aunque en el valor total de pérdida de suelo en el sistema tradicional, solo correspondió al 6% del total de pérdida de suelo registrada en el año 2002; en el caso de la cero labranza se redujo a un 1,7% y en la pradera natural a un 4% de la pérdida de suelo medida en el año 2002. Esta disminución de las pérdidas de suelo estuvo asociada a la menor precipitación e intensidad de la lluvia registrada en el período de medición de este año, y a una mejor distribución de la misma, lo que se analiza más adelante. El año 2002 se produjeron 17 eventos de lluvia, en cambio en el 2003 solo ocurrieron once.

Cuadro 5.5. Resultados promedios de las mediciones realizadas en cada evento de lluvia, en el sitio de ensayo con una pendiente promedio del 12%. PECA, San José, Ninhue, 2003.

| <b>Fecha de los muestreos</b>    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |               |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
|                                  | 26-May | 09-Jun | 12-Jun | 20-Jun | 08-Jul | 23-Jul | 05-Ago | 08-Sep | 06-Oct | 31-Oct | 20-Nov | Total         |
| <b>Sedimentos (gr/parcela)</b>   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |               |
| <b>S.Tradicio.</b>               | 33.3   | 101.8  | 228.3  | 290.3  | 438.2  | 124.9  | 152.6  | 176.6  | 74.4   | 60.8   | 76.7   | <b>1757.9</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                | 34.3   | 0.1    | 27.3   | 27     | 87.4   | 19.6   | 32     | 37.3   | 6.4    | 3.6    | 2.2    | <b>277.2</b>  |
| <b>Pradera Nat</b>               | 36.8   | 0      | 16.8   | 18.2   | 31.9   | 18.7   | 16.1   | 8.2    | 6.7    | 5.6    | 18.8   | <b>177.8</b>  |
| <b>Escurrimiento (L/parcela)</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |               |
| <b>S.Tradicio.</b>               | 4      | 1      | 7      | 86     | 189    | 26     | 186    | 15     | 35.3   | 3.7    | 3.7    | <b>556.7</b>  |
| <b>Cero Labr.</b>                | 57     | 17     | 24     | 140    | 525    | 22     | 135    | 42     | 39.3   | 25.3   | 28.6   | <b>1055.2</b> |
| <b>Pradera Nat</b>               | 51     | 16     | 25     | 65     | 165    | 11     | 116    | 33     | 43.3   | 15.3   | 20.6   | <b>561.2</b>  |
| <b>Suma lluvia (mm)</b>          | 74.8   | 33.1   | 12.8   | 59.3   | 62.4   | 13.2   | 36.1   | 42.4   | 36.5   | 30.7   | 49.4   | <b>450.7</b>  |
| <b>Equiv. parcela (L)</b>        | 2880   | 1274   | 493    | 2283   | 2402   | 508    | 1390   | 1632   | 1405   | 1182   | 1902   | <b>17351</b>  |

Cuadro 5.6. Resultados promedios de las mediciones realizadas en cada evento de lluvia, en el sitio de ensayo con una pendiente promedio del 18,5%. PECA, San José, Ninhue, 2003.

| <b>Fecha de los muestreos</b>    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                  | 26-May | 09-Jun | 12-Jun | 20-Jun | 08-Jul | 23-Jul | 05-Ago | 08-Sep | 06-Oct | 31-Oct | 20-Nov | Total        |
| <b>Sedimentos (gr/parcela)</b>   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicio.</b>               | 30.8   | 69.5   | 88.1   | 107.5  | 238.4  | 39.6   | 84.2   | 69.9   | 47.5   | 33.7   | 143.8  | <b>953.0</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                | 60.7   | 2.6    | 50.3   | 60.7   | 189.5  | 23     | 140.9  | 26     | 12.9   | 12.9   | 5.9    | <b>585.4</b> |
| <b>Pradera Nat</b>               | 16.6   | 7.1    | 24.9   | 22.5   | 93.3   | 25.3   | 82.2   | 58.8   | 20.3   | 18.4   | 7      | <b>376.4</b> |
| <b>Escurrimiento (L/parcela)</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| <b>S.Tradicio.</b>               | 10     | 2      | 6.3    | 18.3   | 165.7  | 3.7    | 55.7   | 6.8    | 8.2    | 2.7    | 5      | <b>284.4</b> |
| <b>Cero Labr.</b>                | 63     | 17.3   | 26     | 100.3  | 246.3  | 15.7   | 239.7  | 40     | 26.6   | 17.7   | 25.7   | <b>818.3</b> |
| <b>Pradera Nat</b>               | 37     | 17.3   | 22.7   | 61     | 220    | 9.3    | 144.3  | 20.7   | 13.7   | 9.3    | 13.7   | <b>569.0</b> |

Sólo en el primer evento de medición, las pérdidas de suelos fueron menores en el sistema tradicional. En el resto de los eventos, las pérdidas con cero labranza y pradera natural fueron significativamente inferiores.

En el año 2002, la pérdida de suelo en la pradera natural correspondió a un 24% de la pérdida registrada en cero labranza. En el 2003, hubo menos diferencia entre estos sistemas, correspondiendo la pérdida de suelo de la pradera natural a un 64% de la pérdida registrada en cero labranza. Esta menor diferencia, pudo deberse, a que la siembra en cero labranza, consistió en la siembra de lupino al voleo sobre la parcela sin que los abresurcos de la sembradora rompieran el suelo para establecer el cultivo.

En cuanto a la medición del escurrimiento de agua, se registro la misma tendencia medida en el año 2002. Mayor escurrimiento en cero labranza volviendo a duplicar los valores del sistema tradicional y la pradera natural. Esto podría demostrar que el establecimiento del lupino no logró mejorar la capacidad de infiltración del agua en el suelo. El escurrimiento acumulado de agua registrado en el sistema tradicional fue muy similar al de la pradera natural. No obstante, el alto valor de escurrimiento registrado en cero labranza, así como la pradera natural, deja en claro que en ambos sistema se logra disminuir en forma notable el arrastre de sedimentos.

En las últimas filas del Cuadro 5.5., se muestra la sumatoria de lluvia de los eventos. En general, se puede observar, que existe una alta relación entre la cantidad de precipitación del evento y el agua escurrida en las parcelas, con los diferentes tratamientos. Si se compara esta información con el año anterior, el efecto de niveles similares de precipitación, provocó menos escurrimiento el 2003 y por lo mismo menos pérdidas de suelo, incluso el año 2002 hubo eventos de lluvia que sobrepasaron la capacidad de medición del sistema. Como se puede observar en los datos del 2003, los eventos de lluvia tuvieron una mejor distribución, produciéndose prácticamente un evento por mes. En cambio el año 2002, se produjeron cuatro eventos de lluvia en un solo mes (julio y agosto). Por otro lado, la intensidad de la lluvia fue menor, dando tiempo entonces, a una mejor infiltración de esta en el suelo.

En el Cuadro 5.6., se muestran los resultados de los promedios de mediciones realizadas en cada evento de lluvia procesados hasta el 20 de noviembre, mediciones realizadas en las parcelas de escurrimiento, instaladas en un área de suelo de mayor pendiente (18,5%). El total acumulado muestra la misma tendencia para los sistemas de manejo de suelo registrados en el Cuadro 5.5. Llama la atención, que sólo en el caso de la cero labranza y pradera natural las pérdidas acumuladas fueron mayores que las medidas a menor pendiente. En el caso del sistema convencional, las pérdidas acumuladas de suelo disminuyeron en un 54% con respecto a la medición efectuada con menor pendiente.

Con respecto al escurrimiento de agua nuevamente la cero labranza, presentó el mayor valor seguido por la pradera natural. En el caso del sistema tradicional (barbecho) el escurrimiento de agua fue

significativamente menor con respecto a los otros sistemas, y correspondió al 51% del registrado con menor pendiente.

### 3.4. Pérdidas anuales extrapoladas a una ladera de 100 m de longitud

En la Figura 5.2. se muestran los resultados de los valores de pérdida de suelo extrapolados a una superficie de una hectárea de suelo con una ladera de 100 m con una pendiente del 12%, expresados en toneladas de suelo perdidas por ha/año.

Los valores de la figura fueron extrapolados mediante la Ecuación Universal de Pérdidas de suelo. Se observa, que el comportamiento de las pérdidas de suelo en el año 2002 fue similar a la del 2001. En cambio en el 2003, las pérdidas en todos los sistemas disminuyeron notablemente. Esto se debió, a la menor precipitación de lluvia registrada en el último año, y también, a una buena distribución sin precipitaciones con alta intensidad.

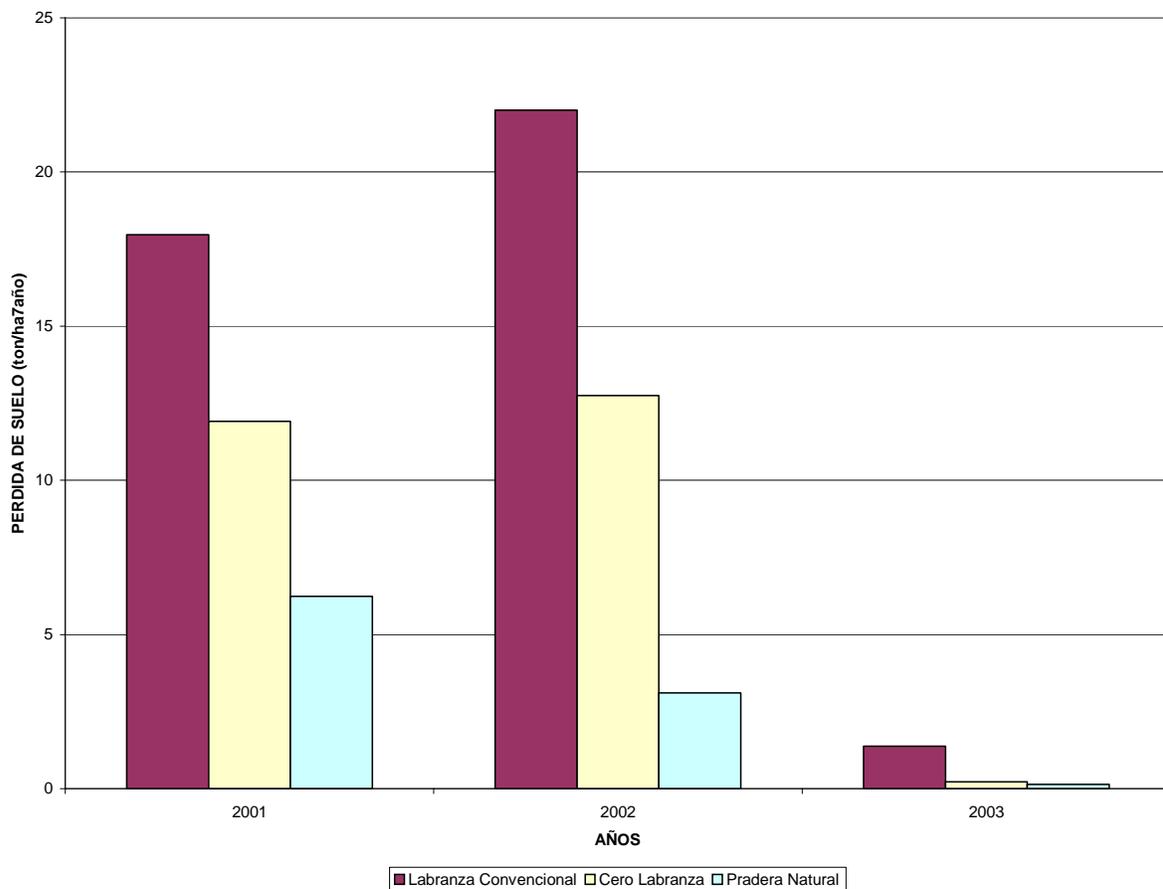


Figura 5.2. Comparación de las pérdidas de suelo con diferentes manejo de suelo.

## 5.4. CONCLUSIONES

Las pérdidas de suelo medidas en el sitio de menor pendiente (12%), fueron mayores en labranza convencional que en cero labranza y pradera natural.

El escurrimiento de agua fue mayor en las parcelas con cero labranza que en el resto de los sistemas.

El mayor escurrimiento en cero labranza se atribuyó a las características del suelo donde se efectuaron las mediciones, con alto contenido de arcilla y presencia de estratas compactadas superficiales.

El efecto de la labranza en mejorar la infiltración del agua podría indicar la necesidad de subsolar el suelo antes de establecer un cultivo con cero labranza, pero cuidando de mantener una cobertura de protección sobre el suelo, para evitar la erosión.

La siembra de Lupino en el año 2003, no mejoro la infiltración del agua en el suelo, durante el periodo de establecimiento.

Las mayores pérdidas de suelo, en el sistema de cero labranza, en el sitio de mayor pendiente, se atribuyeron a la necesidad de sembrar en el sentido de la pendiente debido a la forma del sitio de medición. Las recomendaciones de no sembrar cero labranza sobre pendientes mayores a un 18% son avaladas por los resultados de las mediciones, así como el efectuar las siembras en contorno.

## 5.5. BIBLIOGRAFÍA

CONAMA. 1994. Propuesta Plan Nacional de Conservación de Suelos. Comisión Nacional del Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura de Chile. Santiago. s/p.

DEL POZO, A.; RIQUELME, J.; JELDRES, D. Y ALIAGA, C. 1993. Pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres sistemas en el Secano Interior de la Zona Mediterránea de Chile. En: Econtro Latino Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propiedade. 1. ANAIS. IAPAR. Ponta Grossa. Brasil. pp: 417 –422.

LAGOS, M. 2000. Evaluación de sensibilidad a la erosión. Planificación indicativa para su control. En: Propositiones Tecnológicas para un Desarrollo Sustentable del Secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Quilamapu. Boletín INIA N° 42: 7-41.

STOCKING, M. A. 1985. Soil loss and productivity caused by erosion: an experimental design. FAO. Rome. Italy, Consultant's Working Paper N° 2. 33 p.

WISCHMEIR, W. H. AND SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture. Washington D. C., USA. Agriculture Handbook N° 537, 59 p.

## CAPÍTULO 6

### CERO LABRANZA PRINCIPIOS Y EQUIPAMIENTOS



#### Autores

Jorge Riquelme Sanhueza

Shigehiko Yoshikawua

Claudio Aliaga Donoso

#### Consultores Técnicos

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

# CERO LABRANZA PRINCIPIOS Y EQUIPAMIENTOS

## 6.1. INTRODUCCIÓN

El sistema tradicional de preparación de suelo involucra la utilización de una serie de maquinas y consumo de energía, que permite el establecimiento de cultivos con millonarias pérdidas de suelo. Se estima que en Estados Unidos debido a la labranza tradicional se depositan 100 millones de ton/año de sedimentos en los cauces de los ríos. Durante los últimos años se ha producido un retroceso en la superficie de suelo manejada con sistemas conservacionista, lo que esta asociado a que las técnicas tradicionales de conservación de suelo basada en curvas en contorno no han dado resultado productivo. En cambio la cero-labranza es la única técnica que ha experimentado un incremento notable en la última década.

Se denomina cero labranza al establecimiento de un cultivo sin preparación de suelo. La semilla se localiza en surcos o agujeros sin remover el suelo, con un ancho y profundidad suficiente para una adecuada cobertura y contacto de la semilla con el suelo.

En el Cono Sur de América, la técnica de la cero-labranza se difunde aceleradamente, por mostrar costos competitivos en la implantación de los cultivos. Actualmente ya se siembran, sin laboreo, cerca de 25 millones de hectáreas de cultivos de granos, lo que representa más de un tercio de la superficie total cultivada (Díaz, 2001).

Es base a todo el conocimiento anterior que se planteo como prioritario en el Proyecto CADEPA, introducir la cero labranza en los cultivos tradicionales como único medio sustentable de producción para el Secano Interior y Costero de Chile. Se describen a continuación dos sistemas mecanizados para la aplicación de la cero labranza, uno que utiliza como fuente de energía el petróleo con maquinas accionadas por tractor y otro que utiliza como fuente de energía la tracción animal.

## 6.2. SISTEMA MECANIZADO CON TRACTOR

Este se basa en la utilización del tractor agrícola como fuente de energía principal. Los puntos que se deben tener en cuenta en la utilización de esta fuente de energía se detallan a continuación:

### 6.2.1. Selección del tractor para la Cero Labranza

En primer termino se debe considerar que la condición de trabajo para los tractores en cero labranza es diferente al sistema convencional, ya que se trabaja sobre un suelo no labrado en el que un parámetro importante es la cohesión del suelo. De acuerdo con Coulomb y Mickletwaite (Ashburner y Sims, 1984), la fuerza máxima de tracción que puede ejecutar un tractor sobre el suelo depende de la siguiente relación:

$$H_{\max} = c \cdot A + Q \cdot \text{Tang}\phi$$

Donde:  $H_{\max}$  = Fuerza de corte máxima

$c$  = Cohesión del suelo

$A$  = Área de la superficie de apoyo de la rueda del tractor

$Q$  = Peso sobre la superficie de apoyo de la rueda del tractor

$\text{Tang}\phi$  = Tangente del ángulo de fricción interna suelo/suelo

La cohesión del suelo es una propiedad dinámica, que depende del contenido de arcillas del suelo y su contenido de humedad. Suelos con mayor contenido de arcilla y en consistencia friable presentan una mayor cohesión; un suelo arenoso o labrado presenta valores mínimos.

La fricción es otra propiedad dinámica del suelo y está relacionada con el contenido de arenas del suelo, sus valores son más bajos a medida que el suelo es más arcilloso. En suelos labrados es prácticamente la única propiedad que interviene, por lo que en estas condiciones es necesario aumentar el peso del tractor para aumentar su capacidad de tracción.

En el caso de la cero labranza, el tractor trabaja sobre un suelo firme, donde interviene principalmente la cohesión, de esta manera es factible incrementar la capacidad de ejecutar tracción incrementando la pisada del neumático, con ruedas más anchas o de mayor diámetro. Además, el tractor con tracción asistida o doble tracción, incrementa la capacidad para conseguir más tracción, distribuyendo su peso en una mayor área de contacto efectiva (Figura 6.1.).



**Figura 6.1. Tractor tracción asistida del Proyecto CADEPA.**

La mayor distribución de peso por área de contacto disminuye, además, el efecto de compactación. Asimismo, la cohesión del suelo está relacionada con la resistencia a la compactación del suelo, de esta manera, suelos que llevan muchos años manejados con cero labranza, presentan valores más altos de cohesión, a un mismo contenido de humedad, lo que representa una ventaja, para labores que necesariamente deben realizarse con contenido de humedad más alto, como aplicación de biocidas y fertilizantes.

La potencia que un tractor puede suministrar en la barra de tiro varía dependiendo de varios factores, incluyendo la superficie del suelo y tipo de enganche. De las distintas formas de potencia, se toma como patrón la Potencia en el Toma de Fuerza (PTF), ya que evita las variables relacionadas con el esfuerzo de tracción entre las ruedas y la superficie del terreno.

Mientras menos firme es el suelo, más potencia se pierde en la barra de tiro. En el Cuadro 6.1. se relaciona la potencia en la barra de tiro requerida en la toma de potencia, según condición del suelo y tipo de tracción:

**Cuadro 6.1. Coeficiente de eficiencia tractiva**

| Condición del suelo | Tipo de tracción |                    |       |
|---------------------|------------------|--------------------|-------|
|                     | Simple           | Delantera asistida | Doble |
| Labrado             | 0,45             | 0,60               | 0,68  |
| Firme               | 0,50             | 0,65               | 0,75  |

Donato, Lidia. 1999

De esta manera si se requiere saber cual será la Potencia necesaria de un tractor tracción delantera asistida para trabajar con una sembradora de cereales de Cero labranza de 15 hileras, con un requerimiento de tracción de 150 kg/hilera de siembra y a una velocidad de trabajo de 6 km/hr.

La potencia requerida en la barra de tiro del tractor, se obtiene mediante la siguiente relación:

$$PBDT = \frac{EDT * NH * V}{273}$$

Donde: **PBDT = Potencia a la barra de tiro del tractor (HP)**

**EDT = Esfuerzo de tracción por hilera (kg)**

**NH = Número de hileras de la sembradora**

**V = Velocidad de trabajo (km/hr)**

$$\text{De esta manera: } PBDT = \frac{150 * 15 * 6}{273} = 49,5 \text{ HP}$$

Si el tractor es de tracción asistida y trabaja sobre suelo firme, que es el caso de cero labranza, la demanda de potencia equivalente al Toma de Fuerza (TDF), sería:

$$\text{Potencia TDF (HP)} = \frac{49,5 \text{ HP}}{0,65} = 76,2 \text{ HP}$$

Si se quiere mover la misma sembradora con un tractor de tracción simple, entonces la demanda de potencia equivalente al TDF, sería:

$$\text{Potencia TDF (HP)} = \frac{49,5 \text{ HP}}{0,50} = 99 \text{ HP}$$

De esta manera sería necesario un tractor con un 30% más de potencia en el motor. Por lo tanto, se explica la conveniencia de utilizar tractores de tracción asistida en la cero labranza, ya que la mayor

demanda de potencia no solo esta relacionada con el costo más alto de un motor más grande sino que además con el consumo de combustible. Se considera que el consumo horario (L/h) por HP de Potencia del tractor es del orden de 0,19 L/HP\* h. De esta manera para la misma labor el consumo de combustible para el tractor de tracción asistida sería de 14,5 l/h y para el tractor de tracción simple de 18,8 l/h, lo que nos indica un 30% más de ahorro en combustible.

### **6.2.2. Sembradoras**

Las sembradoras se clasifican en dos grandes grupos, sembradoras en líneas a chorrillo y sembradoras a golpes y monograno (Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1989). De acuerdo al tamaño de grano que se quiere sembrar pueden ser sembradoras de grano fino o de grano grueso (Baumer, 1999). En Chile, la mayoría de las siembras de cero labranza corresponde a siembras en líneas o de grano fino, como trigo, avena y praderas. Últimamente se ha producido una difusión de las sembradoras de precisión neumáticas para la siembra de maíz en cero Labranza, apareciendo prestadores de servicio en la VIII y VII Región. Dado que en el proyecto CADEPA solo se han utilizado sembradoras en línea, se analizan a continuación solo este tipo de máquinas.

En la actualidad existe una gran diversidad de sembradoras atendiendo a las características técnicas de los abresurcos. Se pueden encontrar cuatro grandes grupos bien diferenciados: Sembradoras de triple disco; Sembradoras de doble disco desencontrados; Sembradoras de mono disco; Sembradoras con cinceles.

Las sembradoras de triple disco se caracterizan por una mayor relación peso por ancho de trabajo, 1100 kg/m, pero ejerce menor presión por disco, ya que debe distribuir su peso prácticamente en tres disco por unidad, este peso aumenta el requerimiento de tracción y potencia, llegando a requerir 38 HP/m. Este tipo de abresurco evolucionó al triple disco con doble disco desencontrado, con el objeto de facilitar el corte y penetración. Esta mejora permitió trabajar sin el disco delantero, reduciendo el número de órganos activo con lo que se incremento el peso por unidad de siembra, mejorando la penetración y ganando espacio.

El doble disco desencontrado consta de dos discos que pueden ser de 38 cm de diámetro con el centro desplazado de modo tal que uno queda por delante del otro enfrentando el suelo con un solo filo, semejando la acción del disco de corte delantero del triple disco. Otra posibilidad es utilizar discos de diferente diámetro, 38 y 35,5 cm, desencontrados.

Las sembradoras de monodisco, poseen una relación peso por ancho de trabajo menor que en el caso anterior (800 Kg/m) pero una mayor presión por disco, ya que el peso se distribuye en un disco por unidad, también los requerimientos de potencia son menores 27 HP/m. Estas sembradoras se adaptan

mejor a condiciones de excesivo rastrojo, pero en condiciones de suelo muy saturado, se tiende a compactar el surco y dejar la semilla descubierta, además presenta problemas en condiciones de excesiva pedregosidad.

Las sembradoras con cincel, no requieren de peso para que el cincel corte el suelo, son más livianas (200 kg/m) y requieren menos potencia, 20 HP/m, no se adaptan bien a condiciones de exceso de residuo, son las más adecuadas en terrenos muy pedregosos. Debido a que el cincel incrementa su capacidad de estallamiento de suelo a medida que aumenta la velocidad de avance, es necesario trabajar con estas máquinas a baja velocidad.

Dada la necesidad de evaluar distintos abresurcos para las diferentes condiciones de suelo en San José, Ninhue. Se seleccionó una sembradora de 10 hileras con abresurco triple disco, en la que el primer disco efectúa una hendidura en suelo cortando también la cubierta vegetal que puede existir, para que un segundo par de disco deposite la semilla y el fertilizante, este par de disco corresponde al modelo desencontrado, lo que asegura un mejor corte del rastrojo suelto (Figura 6.2.).



**Figura 6.2. Sembradora de Cerro Labranza Marca Juber 2000 del Proyecto CADEPA.**

La sembradora poseía también unos abresurcos tipo cincel, los que fueron desechados en su uso debido a que se atollaban al arrastrar el rastrojo, que se acumulaba frente a ellos, la combinación: primer disco de corte con cinceles tampoco redujo el problema de acumulación de rastrojos.

Cualquiera sea la máquina utilizada se deben seguir los mismos procedimientos para lograr una adecuada dosificación tanto de la semilla como el fertilizante:

1. Vigilar los abresurcos de la sembradora. Para una germinación adecuada la mayoría de las semillas deben colocarse bajo la superficie del suelo. Existen distintos tipos de dispositivos los que deben estar en buen estado, debidamente lubricados y fijos en su soporte. Los reguladores de profundidad de siembra deben ajustarse de acuerdo al tipo de semilla. El chasis principal de la sembradora debe trabajar nivelado respecto al suelo para que los abresurcos funcionen adecuadamente.
2. Dosificación de la semilla. Para obtener un rendimiento óptimo durante la cosecha, hay que tener una cantidad de semilla controlada, la que puede expresarse en kilos por hectárea. Todas las sembradoras cuentan con un mecanismo dosificador de semilla, los que de acuerdo al manual de operaciones de la maquina indican la dosis esperada para una determinada posición del mecanismo regulador. El resultado de la dosificación puede ser evaluado con sencillas prácticas como una regulación estática: levantar la rueda de la sembradora, ubicar una pequeña bolsa plástica en cada tubo sembrador, hacer una señal en la rueda y dar veinte vueltas utilizando la marca como referencia. Una vez terminada esta operación, retirar y pesar cada bolsa. El peso de cada una de ellas deberá coincidir con el calculo teórico de la siguiente expresión:

$$PE = 0,01257 * DS * RD * DEH$$

Donde :

|            |   |  |
|------------|---|--|
| <b>PE</b>  | : | Peso esperado (kg.)                        |
| <b>DS</b>  | : | Dosis de semilla (kg./ha)                  |
| <b>RD</b>  | : | Radio dinámico de la rueda (m)             |
| <b>DEH</b> | : | Distancia entre las hileras de siembra (m) |

El Radio dinámico de la rueda de la sembradora se obtiene, midiendo la distancia que existe desde el eje de la rueda hasta la superficie del suelo a sembrar con la maquina cargada. El comparar el peso de todas las bolsas permitirá saber si el mecanismo es uniforme para todas las hileras, sino es así, hay que revisar el dosificador correspondiente y efectuar los ajustes mecánicos necesarios. En el caso de la semilla se acepta una desviación  $\pm 7\%$  en torno a la media de todas las hileras (Coelho, 1996).

Se debe observar el estado de la semilla recogida en las bolsas. Si existen semillas partidas, conviene revisar el o los dosificadores correspondientes para hacer los ajustes necesarios. Por ejemplo, en el caso de dosificadores tipo rodillo acanalado existe una pequeña palanca que permite modificar la abertura del regulador de semilla dependiendo del tamaño de esta.

3. Dosificación del fertilizante. Los pasos de regulación son similares a los de la semilla. En este caso también conviene revisar el estanque antes de llenarlo con el fertilizante. Para el caso de dosificadores tipo estrella conviene controlar si estos giran, al hacer girar la rueda, ya que pudiera estar roto el mecanismo de enganche y de esta manera no arrastrar fertilizante durante la siembra. Además este sistema cuenta con un regulador individual que se abre o cierra dependiendo de la posición de una palanca general asociada a una escala de regulación. Una manera sencilla de ajustar la ubicación de estos reguladores individuales, es ubicar la palanca general en cero, ubicar una moneda de \$10 en cada estrella y ajustar cada regulador de manera que todos sujeten la moneda en esa posición, esto asegura que todos los reguladores en cualquier posición de la palanca general mantienen la misma altura. En el caso de los fertilizantes se acepta una desviación  $\pm 12,5\%$  en torno a la media de todas las hileras(Coelho, 1996).

4. Debido a sus sistemas de dosificación, algunas sembradoras son muy sensibles al movimiento sobre el terreno de siembra y presentan diferencias con respecto a la regulación estática. En este caso se puede efectuar una regulación dinámica, para ello se ubican bolsas en los tubos de salida de semilla y fertilizante y se hace trabajar la sembradora en el mismo terreno de siembra, se avanza una distancia de 50 m y luego se pesan las bolsas, las que también deberán llevar un número para identificar al dosificador que corresponden. El peso de cada bolsa deberá coincidir con el cálculo teórico de la siguiente expresión:

$$PE = 0.005 * DS * DEH$$

5. La sembradora debe colocar uniformemente las semillas en condiciones de suelo disperejo. Este proceso debe ser aún más cuidadoso en siembras de mínima o cero-labranza, para lo cual debe escogerse adecuadamente la tensión del resorte sobre el abresurco.

6. Cuidar la colocación de la semilla con respecto al fertilizante. No todas las sembradoras tienen un abresurco independiente para la semilla y el fertilizante. Si se utilizan fertilizantes amoniacales y las semillas son muy sensibles a éste, y ambos pasan por un mismo abresurco, retire el tubo del fertilizante y ubíquelo delante del abresurco para que se incorpore primero en el suelo. Nunca utilice más de 40 unidades de nitrógeno, como fertilizante amoniacal.

7. Revisar los dispositivos compactadores de semilla. En cero-labranza el cubrimiento de la semilla depende del contenido de humedad del suelo. En un suelo saturado (muy húmedo), el surco quedara abierto. Si el suelo esta seco se formarán terrones encima de la semilla. Por ello la mejor condición es la intermedia, denominada friable, en la que el suelo se cierra por su propiedad cohesiva inmediatamente después de abierto el surco. Un rodillo compactador cóncavo sólo asegura una compresión lateral, dejando el suelo suelto sobre la semilla, con ello se evitan problemas de encostramiento que pudieran afectar a la semilla.
8. Al finalizar cada jornada revisar pernos y tuercas de la máquina sembradora. Un perno quebrado puede soltar una pieza de alto costo. Lubricar y engrasar la máquina todos los días que trabaje. Con ello alargará la vida útil de su sembradora.

### **6.2.3. Pulverizador**

En cero labranza las labores de preparación de suelo que permiten controlar las malezas de presiembr, son reemplazadas por un barbecho químico. Esta diferencia, da el argumento para acusar injustamente a esta técnica de contaminante. Se olvida que la labranza convencional recurre a una serie de herbicidas de postemergencia, y otros que son incorporados en el suelo mediante la labranza, así como una serie de fungicidas e insecticidas. La cero labranza al mantener un suelo en las condiciones más similares a lo natural, estimula la vida de micro y macrorganismos, los que actúan como un tampón, degradando compuestos químicos nocivos. Se favorece también el control biológico, disminuyendo la utilización de biocidas. La utilización de rotaciones de cultivos más intensivas en la cero-labranza disminuye la incidencia de malezas.

Al trabajar con cero-labranza se debe tener un mayor cuidado con la regulación y utilización del pulverizador, ya que muchos fracasos no se deben a la calidad de los herbicidas sino a una mala aplicación, la que además puede afectar el medio ambiente.

Como una manera de lograr una mejor precisión y reducción de los efectos nocivos de una mala aplicación, se sugiere las siguientes medidas:

1. Compruebe el funcionamiento de su pulverizador con agua limpia. Si el equipo ha sido utilizado en la pulverización de un pesticida, llenar él deposito hasta la mitad con agua, y agregue 1 kg de soda por cada 100 litros de agua o 1 litro de amoníaco de uso domestico, diluido en 250 litros de agua. Poner en marcha la bomba y lavar todo el equipo, incluyendo brazos y boquillas. Tire el agua en un lugar no cultivado, pero no siempre en el mismo sitio. Nunca realice esta labor en o cerca de cursos de agua.

2. Una vez limpio, comprobar con agua, que el caudal de las boquillas no se desvíe +/-10% del promedio. Estas desviaciones pueden deberse a filtros o boquillas tapadas o gastadas. Si las boquillas presentan un caudal superior al 10% del original deben reemplazarse.
3. Para evitar la deriva por el viento no efectuar aplicaciones cuando la velocidad del viento supera los 6,5 km/hr (observar las hojas y ramitas de los árboles, si estas se mueven, suspender la aplicación). En la actualidad se ofrecen pulverizadores con asistencia de aire que aseguran una aplicación sin deriva hasta velocidades de viento de 8 km/hr, también mejora la penetración en el cultivo en aplicaciones de fungicidas o insecticidas.
4. Al utilizar boquillas de chorro de abanico, espaciadas a 50 cm, se debe ajustar la altura de la barra a 50 cm del punto de aplicación. Si la altura es mayor o menor la distribución será muy irregular. Al trabajar sobre suelos con pendiente como en el caso del proyecto CADEPA, se debe trabajar con equipos con barras de aplicación no muy anchas (5 a 6 m), para evitar que las boquillas de los extremos queden a diferentes altura del suelo. (Figura 6.3.).
5. La presión de trabajo de boquillas tipo abanico no debe superar el 3 bar, si la presión es superior se producen gotas muy finas lo que aumenta el riesgo de deriva. Para disminuir la deriva se puede trabajar con menos presión hasta 1,5 bar, efectuando las correcciones respectivas, ya que a menor presión también se entrega menor caudal.
6. Para obtener una distribución óptima y asegurar una mejor penetración del producto, no trabaje a velocidades superiores a 8 km/hr. A mayor velocidad también se aumenta el riesgo de deriva. En base a estos criterios se puede seleccionar las boquillas de caudal más apropiado para el volumen requerido.
7. Si al terminar el trabajo aún queda un resto de la mezcla en el estanque, conviene diluir el resto en 10 partes de agua y volver a repetir el tratamiento sobre el mismo campo.



**Figura 6.3. Efecto de la pendiente en la barra de pulverización.**

#### **6.2.4. Seguridad del operador**

Los pesticidas, al igual que las medicinas y otras sustancias químicas, deben guardarse de acuerdo con las instrucciones, de manera que la primera recomendación para todos los usuarios de pesticida es “leer la etiqueta”.

Un pesticida puede ser introducido en el cuerpo por la boca (vía oral), a través de la piel (vía dérmica) o por los pulmones (inhalación). Durante la aplicación de pesticidas la ingestión oral es mínima, a menos que el operador descuidadamente coma, beba o fume antes de lavarse la cara y las manos. Se han presentado envenenamiento por ingestión de pesticidas cuando éstos se han guardado inapropiadamente en recipientes para alimentos, en particular, en botellas de refresco o cerveza.

La contaminación del cuerpo se hace principalmente mediante absorción por la piel, la cual es en especial vulnerable cuando existe alguna cortadura o raspón. El dorso de las manos y las muñecas absorben más que las palmas. De manera similar, la parte trasera del cuello, los pies, las axilas y las ingles son áreas que necesitan protección y debe tenerse gran cuidado para evitar la contaminación de los ojos. El riesgo de absorción por la piel aumenta en tiempo cálido, cuando se suda aun con esfuerzos mínimos y las condiciones no son conducentes al uso de ropa protectora.

Un pesticida puede entrar en los pulmones inhalando gotitas o partículas, en especial las de menos de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro o los vapores, pero comúnmente la cantidad absorbida es menos del 1% de la que se absorbe por la piel.

Cualquiera sea la forma en que penetre al cuerpo un pesticida, el envenenamiento agudo puede ocurrir después de una aplicación o exposición, mientras que el envenenamiento crónico es causado por dosis pequeñas repetidas y absorbidas durante un periodo más largo. Este último tiene especial importancia cuando los operarios realizan aspersiones con frecuencia, pero también pueden correr riesgos personas que inspeccionan la existencia de plagas o cosechan en áreas tratadas. La toxicidad aguda es mucho más fácil de evaluar en cambio una toxicidad crónica requiere un periodo de 1 o más años.

Siempre que se aplique pesticidas o cuando se repare un equipo contaminado con esos pesticidas, se debe usar ropa protectora. Cualquiera sea la toxicidad del producto debe prestarse atención especial cuando el periodo de exposición es prolongado o la concentración del producto químico pasa del 10%. A menudo las condiciones climáticas no favorecen el empleo de ropa de protección, en particular en primavera y verano, pero de manera ideal, un overol de tela de algodón durable es la ropa de protección mínima que debe usarse, aún con pesticidas clasificados como menos peligrosos. Esta ropa debe lavarse con regularidad, usando jabón o detergente, de preferencia al final de cada día de trabajo, después de haber limpiado el equipo de aspersión. En general se deberá utilizar una ropa asignada para este trabajo, la que deberá lavarse inmediatamente después de terminar la aspersión del día. La camisa debe ser de manga larga y los pantalones largos, sin un dobladizo inferior en que puedan juntarse gránulos o partículas. También resulta útil el uso de un sombrero de ala ancha, impermeable, no sólo para reducir la contaminación procedente del producto químico sino también como protección contra efectos del sol.

Los guantes deben revisarse previamente para comprobar que no estén dañados llenándolos con agua, apretándolos con suavidad y luego secándolos antes de usarlos. Los guantes deben ser de largo suficiente como para cubrir las muñecas; los puños del overol deben quedar encima de la parte superior de los guantes para reducir la infiltración al interior de ellos. Los pesticidas que se adhieran al exterior de los guantes deben lavarse con agua y detergente antes de quitárselos para evitar la contaminación de las manos.

Se deben usar zapatos y no sandalias, a menos que se indique otra cosa, llevar botas de caucho. Las piernas de los overoles o de los pantalones deben quedar fuera de las botas para reducir la posibilidad de que entren gránulos o líquidos en ellas.

Existen dos tipos de respiradores; el respirador de filtros que cubre la nariz y boca, y la máscara de gas que, además cubre los ojos y que puede incluir un casco completo. Ambos tipos tienen uno o dos filtros que absorben los humos y vapores tóxicos. Ambos tipos deben usarse muy ajustados, de manera que sellen bien alrededor de la cara para impedir filtraciones por los bordes y, por lo general, su uso resulta incómodo en tiempo cálido. Los filtros especiales de los respiradores deben cambiarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Uno de los peligros que se presenta es que el operador usa la máscara

cuando realiza las formulaciones pero luego se la quita, de manera que existe la posibilidad de que se contamine su interior y el operador quede expuesto a inhalar el veneno cuando mezcle otro lote de productos químicos.

Los síntomas generales de envenenamiento agudo o crónico causado por pesticidas, son dolor de cabeza, fatiga, vértigo, debilidad, ansiedad, sudor, náuseas y vómito, diarrea y pérdida de apetito. Un aumento de la intensidad de los síntomas conduce a una salivación y sudación excesivos, calambres de estómagos, temblor con mala coordinación muscular y contorciones. Por lo tanto si no se desea experimentar estos síntomas y arriesgar la vida, haga caso a las recomendaciones.

#### **6.2.5. Manejo de rastrojos**

Los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo reducen la erosión. Investigaciones realizadas en Nebraska y otros Estados del Medio-Oeste norteamericano (NebGuide, 1981), indican que con cantidades de residuos tan pequeñas como un 20% de cobertura se puede reducir a la mitad la erosión provocada por el impacto de la gota de lluvia y escurrimiento del agua, comparando con un suelo libre de residuos. En Brasil, la investigación conducida por Lopes et al (1987), concluyó que un nivel de cobertura de 40% es suficiente para reducir la erosión en forma significativa. Se determinó, además, que a un mismo nivel de cobertura los rastrojos de trigos ofrecían una mejor protección del suelo que los rastrojos de maíz.

Algunos investigadores, consideran imprescindible el manejo de los rastrojos durante la cosecha a través de la regulación de la altura de corte de la automotriz y la utilización de algunos aditamentos, tanto en la salida de los sacapajas como de los harneros. Operaciones adicionales realizadas entre cosecha y siembra se consideran costosas e implican pérdida de tiempo (Agdex, 1996). Así por ejemplo, para esparcir la paja a la salida del sacapajas se puede utilizar un picador de mayales, el cual pica y esparce la paja. Su funcionamiento es similar al de una segadora rotativa "rana", e incrementa en un 5 a un 8% la potencia total requerida por la automotriz. También se puede utilizar un esparcidor de molinete el que, a diferencia del anterior, sólo distribuye la paja sin picarla. En este caso la potencia requerida viene a ser sólo del 1 al 1,5% del total, (Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1989).

Es importante mencionar que el capotillo que sale de las zarandas de limpieza debe quedar bien distribuido para evitar efectos alelopáticos. Crovetto (1992) señala que aunque los fabricantes no suministran estos equipos, con un bajo costo es posible accionar dos sopladores que entreguen aire a presión a través de toberas dispuestas en forma de cruz a la salida de los harneros.

La cantidad de residuos que pueden quedar sobre el suelo después de la cosecha depende del tipo de cultivo y de su rendimiento en grano. Así para el cultivo de trigo se espera una producción de residuos de

1,6 ton por cada tonelada de grano producida, en cambio para la cebada las toneladas de residuos son equivalente a las toneladas de grano producidas, (Agdex, 1996). En Chile, Mellado et al (1998), indican producciones de 9 ton/ha de paja para un trigo que produzca 60 qqm/ha.

Para picar y distribuir apropiadamente el rastrojo sobre el suelo se puede utilizar una desbrozadora rotativa (rana), Figura 6.4.



**Figura 6.4. Desbrozadora rotativa “rana”**

También existen máquinas especialmente diseñadas para este efecto, que presentan un mayor ancho de trabajo, denominadas trituradoras de rastrojos, Figura 6.5.



**Figura 6.5. Trituradora de rastrojo**

Los excesos de rastrojos que podría provocar efectos alelopáticos en el cultivo a establecer se puede hilarar con un rastrillo hilarador de estrella Figura 6.6. Los cordones posteriormente se pueden enfardar o dejar en el campo con espaciamiento de 8 a 16 m, permitiendo la siembra entre ellos y controlando el paso de un pulverizador por ejemplo.



**Figura 6.6 Rastrillo hilarador de estrellas.**

### 6.3. SISTEMA MECANIZADO CON TRACCIÓN ANIMAL

La información sobre áreas sembradas con cero labranza en pequeñas propiedades en diferentes partes del mundo es escasa Wall (1998). El Cuadro 6.2. indica el estado de la adopción de la cero labranza en el mundo.

**Cuadro 6.2. Superficie estimada de cero labranza con manejo de residuos en las pequeñas propiedades de algunas regiones del mundo.**

| Región                   | Superficie (ha) |
|--------------------------|-----------------|
| Cono Sur de Sudamérica   | 25.000          |
| India, Bangladesh, Nepal | 10.000          |
| México y América Central | menos de 10.000 |
| Africa del Sur           | Poco            |
| Africa Occidental        | Poco            |
| Africa Oriental          | Muy poco        |
| Región Andina            | Muy poco        |

Fuente: Wall (1998).

Si se comparan estas cifras con el nivel de adopción de los medianos y grandes productores se concluye que el grado de adopción por parte de los pequeños agricultores del mundo es muy limitado. Existen varias razones para ello, entre las que se incluyen las siguientes (Wall, 1998):

- Falta de capital para cambiar de maquinaria y tecnología
- Aversión al riesgo
- Sistema de producción de subsistencia
- Utilización de rastrojos para otros fines.

En Chile de acuerdo con el último censo nacional agropecuario (INE 1997), se puede inferir que existen casi 150.000 productores que trabajan con implementos de tracción animal y sólo 23.000 poseen implementos accionados por tractor. El 13% de los productores, que tienen predios mayores de 50 hectáreas, es dueño de casi el 90% de la superficie agrícola de Chile. En cambio, los propietarios con predios menores de 50 hectáreas y que sólo pueden acceder a implementos manuales o de tracción animal, corresponden al 87% de los productores agrícolas, que en total son 312.000. Los propietarios del 90% de la superficie agrícola sólo producen el 38% de las "Chacras", (alimentos básicos de la dieta de los chilenos). Los pequeños agricultores, con sólo el 10% de la superficie agrícola son los responsables del 62% de la producción de alimentos básicos, (papas; choclos; porotos; etc.), de la dieta de los habitantes de Chile.

Por otro lado los pequeños agricultores se ubican en sitios marginales, con altas pendientes, no aptos para el desarrollo de una agricultura tradicional, lo que ha traído como consecuencia una alta degradación del suelo, llegando a situaciones en las que actualmente el 70% de los suelos presentan erosión grave.

Actualmente se aplican en algunas de las comunas del país, programas de ayudas estatales, orientados a la reconversión de los pequeños agricultores apoyando mediante subsidios la instalación de equipos de riego donde existan fuentes de aguas disponibles, así como el manejo de pequeños huertos de vides o frutales que les genere ingresos suficientes, con los cuales puedan comprar alimentos, y de esa manera no tengan que cultivar los suelos y se detengan así los procesos erosivos. Pero la sustentabilidad de este sistema, depende del manejo adecuado de la cobertura del suelo de las microcuencas; las que debido a su manejo tradicional no tienen la capacidad de permitir una infiltración del agua en suelo durante la época de lluvia y el rápido escurrimiento de las aguas con arrastre de sedimentos que pueden colmar rápidamente las estructuras de almacenaje y cosecha de agua. Por ello, dentro del sistema apropiado de manejo de estos sistemas, la cero labranza juega un rol importante en conseguir una cobertura permanente así como permitir que los agricultores puedan continuar produciendo sus cultivos tradicionales de fuerte arraigo cultural para ellos.

Se presentan a continuación algunas tecnologías desarrolladas en Chile y utilizadas en San José con el Proyecto CADEPA.

### **6.3.1. Adecuación de suelo**

Una de las principales labores a ejecutar, es revisar bien el potrero donde se efectuará la cero labranza, eliminando los obstáculos que puedan impedir el correcto funcionamiento de la sembradora: piedras, troncos, restos de raíces. Si el suelo proviene de un sistema de labranza tradicional y presenta muchos surcos de erosión que afectan su microrrelieve, será conveniente efectuar primero una mínima labranza. Esta labor se ha ejecutado en San José utilizando arado subsolador y arado cincel movido con tractores. En caso de no contar con esta fuente de energía se recomienda la utilización de un arado cincel de tracción animal, (Figura 6.7) el que no invierte suelo y posibilita mejorar el microrrelieve del suelo, para facilitar el paso de la sembradora. El arado cincel de tiro animal efectúa una labor primaria de suelo identificada como labranza vertical, cuya principal característica es soltar el suelo, sin invertir ni mezclar las distintas capas del perfil. El sistema permite una mejor protección del suelo contra la erosión, dado que el rastrojo queda cerca o en la superficie, se evita la formación de una estrata impermeable o pie de arado, y se mejora la infiltración de agua en el suelo.

Desde el punto de vista de la rapidez de la labor, el arado cincel ocupa menos de la mitad del tiempo en arar una hectárea de suelo que el arado de vertedera, dado el mayor ancho de trabajo que se consigue con la labranza vertical. El arado cincel cuenta con unos vástagos vibrocultores, los que contribuyen a mejorar el tiro de los animales, ya que la vibración absorbe las variaciones del esfuerzo de tracción que se producen durante la labor de estallamiento de suelo, las que en un equipo rígido, mediante los aperos, se transmiten directamente a los animales.



**Figura 6.7. Arado cincel de tracción animal**

Mediciones de tracción realizadas, durante la labor de un arado cincel de 5 vástagos, trabajando a 12 cm de profundidad, con un ancho de trabajo de 47 cm, en un suelo de origen granítico en condiciones friable, indicaron una necesidad de tracción de 136 kg.; por lo que una pareja de animales resuelve en forma apropiada estos requerimientos.

La mayor capacidad de trabajo del arado cincel, permite eliminar la práctica tradicional del barbecho, uno de los principales factores causante de la erosión de suelo, ya que el suelo queda sin una cubierta protectora, que aminore el impacto de la gota de lluvia.

La profundidad de trabajo del arado cincel no llega más allá de 10 cm; por lo tanto, en suelos compactados por el pastoreo animal en invierno o en aquellos que han sido arado durante muchos años con arado de vertedera y se ha formado una estrata compactada denominada: “pie de arado”. Es necesario utilizar una herramienta denominada “subsolador de tracción animal” (Figura 6.8).



**Figura 6.8. Arado subsolador de tracción animal.**

Para utilizar correctamente el implemento es conveniente en primer lugar, efectuar calicatas en el suelo para determinar la existencia y profundidad de la estrata compactada. Luego se regula el equipo para conseguir que la punta del subsolador pase justo por el centro de la estrata compactada. Se efectúa una primera pasada y se mide el ancho de las grietas formadas. El promedio de los anchos medidos indica la distancia de pasada para el equipo. Esta labor es conveniente efectuarla a comienzos de invierno con las primeras lluvias, o a salida de invierno en una condición tal que el suelo no tenga excesiva humedad. Si hay mucha humedad el suelo no se agrieta, y si esta muy seco se incrementa el requerimiento de tracción para los animales.

Mediciones de tracción realizadas con este equipo trabajando a una profundidad de 20 cm, indicaron un requerimiento de tracción de 200 Kg de tiro; demanda de fuerza que solo puede ser satisfecha utilizando animales pesados y bien alimentados.

La capacidad de trabajo del implemento depende del ancho de trabajo requerido para la labor. De este modo para un ancho de trabajo de 30 cm, podría requerirse de 15 horas de trabajo para subsolar una hectárea de suelo.

### **6.3.2. Manejo de rastrojos**

Los potreros más adecuados para la cero labranza, son aquellos que provienen de una pradera natural y que no presentan problemas de compactación. En el caso que se trate de rastrojos de cultivos como trigo o avena, es conveniente efectuar una labor de manejo de rastrojos. Los rastrojos se pueden picar con una rastra de disco de tiro animal, trabajando en el verano con el suelo seco. También una barra

segadora de tracción animal, puede ser muy útil en el corte de los rastrojos. Mediante el proyecto Cadepa se incorporó una segadora rotativa que mediante un pequeño motor de 5 HP proporciona la fuerza de corte y es traccionada mediante una yunta de bueyes (Figura 6.9.).



**Figura 6.9. Desbrozadora rotativa con motor y traccionada por bueyes.**

Después de picar los rastrojos, éstos se pueden rastrillar con un rastrillo de tracción animal o una rastra de clavo formando cordones. Es conviene dejar estos cordones en forma transversal a la pendiente a una distancia de 8 a 10 m, uno de otro, los cuales pueden servir de marcadores naturales para el paso de un pulverizador. Los cordones de un ancho promedio de 1 metro no ocupan más de un 9 a un 10% del potrero, contribuyendo al mejoramiento de la nutrición del suelo y frenando además el escurrimiento superficial del agua, durante las lluvias.

### **6.3.3. Control de malezas**

Previo a la siembra es necesario controlar las malezas con un herbicida total. En los sectores de secano se deben esperar las primeras lluvias que estimulen la emergencia de las malezas. Las aplicaciones pueden realizarse en predios pequeños con pulverizadores manuales tipo mochila o con una pulverizadora de tracción animal, las que dado su mayor ancho de trabajo, tarda sólo una hora en pulverizar una hectárea. Figura 6.10.



**Figura 6.10. Pulverizador de tracción animal**

#### **6.3.4. Siembra**

Después de transcurridos 4 días de la aplicación del herbicida, se puede efectuar la siembra. Lo ideal será trabajar con la humedad adecuada del suelo; ni muy seco, donde se corre el riesgo de dejar la semilla destapada; ni demasiado húmedo, donde el surco de siembra se compacta y la semilla queda descubierta.

Para siembra de grano fino y semillas de praderas se puede utilizar una sembradora de tracción animal (Figura 6.11.), la que corresponde a una sembradora con dosificadores de flujo continuo, que cuenta con un depósito para semilla de grano fino (trigo, avena, cebada, arroz, lenteja, porotos, arvejas, lupino); otro para empastadas (tréboles, alfalfa, hualputras) y uno para fertilizante. El sistema abridor de surco permite la siembra directa sobre un suelo no labrado previamente, mediante la utilización de un vástago tipo "S" con una herramienta cincel. En la parte posterior de la herramienta lleva una zapata especial que permite depositar la semilla y el fertilizante en el surco abierto por el cincel, antes de que éste se cierre por la propiedades cohesivas de un suelo sin labrar.



**Figura 6.11. Sembradora de cero labranza de tracción animal con abresurco cincel.**

En cuanto a la aplicación de fertilizante, en el caso del trigo, se recomienda, aplicar solo el fósforo durante la siembra y parcializar en tres tercios la aplicación del nitrógeno, el primer tercio cuando el trigo ha emergido y tiene tres hojas, el segundo tercio a la macolla y el último tercio cuando el trigo se encuentra en el estado fenológico de encañado. De esta manera las plantas hacen un uso más eficiente de los nutrientes y se disminuyen las pérdidas por lixiviación las que podrían contaminar las aguas.

Mediante el proyecto CADEPA se introdujeron dos tipos de sembradoras una fabricada en Temuco por el Sr. Luis Vásquez, marca LV de 7 hileras (Figura 6.12.).

Debido al mayor requerimiento de tracción, derivado del tipo de suelo existente en Ninhue, y al problema derivado de los rastrojos en el trabajo de los abresurcos tipo cincel se introdujo un segundo tipo de sembradora de cinco hileras y con un sistema de molinetes para liberar los rastrojos desde los abresurcos (Figura 6.13.).



**Figura 6.12. Sembradora cero labranza de tiro animal marca LV.**



**Figura 6.13. Sembradora de cero labranza de tracción animal de cinco hileras marca INDEMAF**

#### **6.4. CONCLUSIONES**

En la actualidad se cuenta con el conocimiento y las maquinarias adecuadas para la aplicación de la cero labranza en los predios de medianos y grandes agricultores de Chile. El ahorro de energía, la conservación del suelo, la disminución de costos en la producción son los mejores beneficios que los empresarios agrícolas pueden obtener de la incorporación de estas tecnologías en sus predios.

Las practicas de manejo de residuos que se recomiendan, ciertamente implican un mayor costo de producción para los agricultores, pero al ser aplicadas generan efectos positivos tanto para ellos mismos como para la población del país.

Aunque existe una oferta tecnológica, de maquinas y equipos que permitiría la incorporación de pequeños agricultores a la cero labranza, se debe tener presente, que su baja capacidad de inversión es una de las principales limitantes para que puedan acceder a la tecnología. Por ello es importante que se establezcan las estrategias de apoyo financiero y capacitación que faciliten la adopción de las tecnologías.

## 6.5. BIBLIOGRAFÍA

- AGDEX. 1996. Equipment Issues in Crop Residue Management for Direct Seeding. 519-4
- ASHBURNER, JOHN y SIMS, BRIAN. 1984. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. IICA. San José, Costa Rica. 473 p.
- BAUMER, CARLOS. 1999. Sembradoras y fertilizadoras, para siembra directa. Editorial Amalevi. Santa Fe, Argentina. 345 p.
- COELHO, J.L.D. 1996. Ensaio & certificacodas máquinas para a sementeira. En: Máquinas Agrícolas Ensaio & Certificacão de Mialhe, Luiz. Piracicaba, SP, Brasil: Fundacao de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Pgs: 551-570.
- CROVETTO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo una introducción a la cero labranza. Editorial Universitaria, Santiago, 301 pgs.
- DÍAZ, ROBERTO. 2001. Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR. Montevideo. 450 p.
- DONATO, LIDIA. 1999. Gestión integral de la Maquinaria Agrícola. En: "Selección y utilización correcta de las máquinas en Cero Labranza". Curso Internacional. INIA CRI Quilamapu. Chillán. 56 p.
- INE. 1997. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Santiago, Chile. 443 p.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N. G.; LEVIEN, R. 1987. Eficacia. Relativa do tipo e quantida de residuos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na reducao da erosao hídrica. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 11:71 - 75. 1987.
- MELLADO, M., CHAVARRÍA, J. y VELASCO, R. 1998. Análisis de alternativas de preparación de suelo para sembrar trigo en la zona centro sur de Chile. INIA, Quilamapu. Boletín ISBN:956-7436-04-5.142 p.
- NEBGUIDE. 1981. Residue Management for Soil Erosion Control. G81-544.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. y HERNANZ, J. L. 1989. Técnica de la Mecanización Agraria. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 641 pgs.
- WALL, P. 1998. Introducción a la Cero Labranza. En: Curso Taller Internacional Cero Labranza para la agricultura campesina. INIA CRI Carillanca – PROCISUR – Gobierno Regional de la Araucanía. Carahue. Chile.

## CAPÍTULO 7

### MANEJO DE CULTIVOS EN CERO LABRANZA



#### **Autores**

Carlos Ruiz Sánchez

Nicasio Rodríguez Sánchez

Shigehiko Yoshikawa

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

## **MANEJO DE CULTIVOS EN CERO LABRANZA**

### **7.1. INTRODUCCIÓN**

El sistema tradicional de cultivos anuales en predios de agricultores pequeños del secano interior, ha generado un serio proceso de degradación por erosión hídrica que es necesario detener y revertir para asegurar la recuperación del suelo y el agua, y mejorar la productividad agropecuaria del área.

Un nuevo uso del suelo y rotación de cultivos, establecidos en base a la cero labranza, permite bajar drásticamente los niveles anuales de pérdida de suelo e incrementar la frecuencia de los cultivos sobre ellos y por consiguiente aumentar los niveles de productividad de los mismos. La cero labranza consiste en sembrar directamente sin preparación del suelo, salvo la eliminación previa de malezas con la aplicación de un herbicida lo que se denomina barbecho químico. La siembra se realiza con maquinas apropiadas de tracción animal u otras de tracción mecánica tiradas por tractor.

Sobre la base de cultivar los suelos más planos de hasta un veinte por ciento de pendiente, donde se establecen básicamente dos sistemas de cultivos, uno denominado ganado cultivo que necesita cuatro potreros: uno con trigo y los otros tres con una pradera de hualputra. En este sistema el trigo rota todos los años sobre la pradera permanente. En el otro sistema, se necesitan dos potreros en que se rota anualmente el cultivo de trigo con alguna leguminosa de grano como lenteja, arveja, lupino o algunos cereales que se adaptan al área como avena, triticale, eventualmente el trigo también se puede rotar anualmente con una pradera suplementaria de avena – vicia.

La implementación de ambos sistemas depende del objetivo de producción del agricultor y de la realidad de cada predio. No obstante, del punto de vista técnico, en el secano interior la disponibilidad oportuna de maquinaria de cero labranza es vital para la implementación de la cero labranza. Además son necesarias otras prácticas, como el subsolado del suelo antes de establecer estos sistemas y disponer de los insumos adecuados para un buen desarrollo del cultivo como semillas de variedades mejoradas, de alto potencial de rendimientos, fertilizantes y los agroquímicos necesarios.

A continuación se entrega información técnica para planificar y cultivar bajo un nuevo sistema de producción y de rotación de cultivos establecidos bajo el sistema de cero labranza en el secano interior. También se presentan los resultados que han obtenido con la aplicación de esta tecnología

los agricultores de San José de Ninhue, que en cuatro temporadas han sembrado 385.4 hectáreas con este sistema, bajo el apoyo directo de INIA Quilamapu, JICA e INDAP.

Finalmente, se incluye un detallado análisis del cultivo del trigo en cero labranza en San José, que incluye un estudio de la relación entre los distintos factores de producción y el rendimiento del trigo.

## **7.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA EL SECANO INTERIOR.**

Para implementar este nuevo sistema de producción, en el secano interior sobre la base de un nuevo esquema de rotación de cultivos y del establecimiento de éstos en cero labranza, es necesario ordenar el uso del suelo de manera de obtener las mayores ventajas de productividad y los menores daños por erosión. En éste sentido, es posible sembrar en cero labranza en aquellos suelos con pendientes menores a veinte por ciento, sin sembrar aquellos que presentan pendientes mayores, debiendo éstos últimos destinarse a otros usos como sistemas silvopastorales y/o praderas permanentes, Cuadro 7.1.

**Cuadro 7.1. Sistemas de producción recomendados para el secano Interior**

| <b>Sistema</b>                 | <b>Pendiente suelos, %</b> | <b>Observación</b>        |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Ganado – Cultivo               | < 20                       | Cuatro potreros           |
| Trigo – Leguminosas            | < 20                       | Dos potreros              |
| Praderas permanentes           | > 20                       |                           |
| Silvopastoral con pinos        | > 20                       |                           |
| Silvopastoral con espinal      | > 20                       |                           |
| Frutales, vides y horticultura | –                          | Disponibilidad agua riego |

### **7.2.1. Sistema ganado cultivo**

En aquellos predios en que está presente la ganadería y que es necesario producir forraje para su alimentación es necesario establecer el cultivo del trigo en rotación con una pradera de hualputra, para ello se necesitan cuatro potreros similares. En uno de ellos se cultiva trigo y en los otros tres hualputra, todos los años se va sembrando trigo sobre uno de los potreros con la pradera. Lo anterior es posible por el alto porcentaje de semillas duras que tiene la hualputra, que permite que el año cuando se siembra trigo sobre la pradera, ésta pueda ser eliminada con el barbecho químico y también en los posteriores controles de malezas que se hacen al cultivo. Sin embargo, la pradera emergerá con una buena población de plantas al año siguiente sin necesidad de ser resembrada.



**Foto 7.1. Sistema Ganado cultivo, hualputra en rotación con trigo.**

#### **7.2.2. Sistema trigo leguminosas de grano**

En aquellos predios donde no se desarrolla preferentemente la ganadería o donde se requiere dedicar los suelos más planos sólo a cultivos se puede implementar una rotación anual de trigo con leguminosas de grano como lentejas, arvejas, lupino, habas, avena, triticale y/o una mezcla de avena vicia.



**Foto 7.2. Rotación de trigo con Arvejas.**

### 7.3. REQUERIMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La implementación de estos nuevos sistemas de producción requiere, previa consideración del suelo y clima, cumplir con una serie de exigencias técnicas como son el subsolado, la habilitación de terrenos con ciertos despeje de troncos, piedras y eliminación de canalículos, eliminación de aguas lluvias, utilización de variedades mejoradas, manejo de rastrojos, barbecho químico, disponibilidad y uso de máquinas de cero labranza y control de malezas. Todos estos temas se profundizan en los otros capítulos de éste boletín. A continuación se entrega antecedentes para la fertilización de los cultivos y una pauta para el manejo específico de cada cultivo.

#### 7.3.1. Fertilización

La disponibilidad de nutrientes en el secano interior es limitada y sus deficiencias están asociadas con el rendimiento. Las posibles deficiencias son Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Boro, Zinc.

La extracción de nutrientes de los cultivos está relacionada con su nivel de producción, cuadro 7.2., y debe al menos ser repuesta después de cada cultivo.

**Cuadro 7.2. Nutrientes extraídos por el trigo en cinco niveles de producción (kg ha<sup>-1</sup>).**

| Nutrientes    | Rendimiento. Kg/ha |    |    |     |     |
|---------------|--------------------|----|----|-----|-----|
|               | 20                 | 30 | 40 | 50  | 60  |
| Nitrógeno (N) | 48                 | 72 | 96 | 120 | 144 |
| Fósforo (P)   | 11                 | 16 | 21 | 26  | 31  |
| Potasio (K)   | 46                 | 69 | 92 | 115 | 138 |
| Calcio (Ca)   | 9                  | 11 | 15 | 18  | 22  |
| Magnesio (Mg) | 7                  | 8  | 11 | 13  | 16  |
| Azufre (S)    | 12                 | 14 | 19 | 23  | 28  |

$$P_2O_5 = P * 2,29 ; K_2O = K * 1,2$$

La fertilización de los cultivos depende de los requerimientos de éstos y de la cantidad de nutrientes disponible en el suelo, la diferencia corresponde al fertilizante que se debe aplicar.

La cantidad de nutrientes en el suelo se determina con el análisis de una muestra representativa de suelo, en caso de no disponer del análisis se puede tomar en consideración el historial de rotación e intensidad de cultivos del potrero a sembrar.

Además del nivel nutricional del suelo es necesario conocer el valor de pH de éste, que para trigo, por ejemplo, su valor ideal es de 6,0 a 6,2 y que con valores inferiores a 5,8 es necesario corregirlo agregando cal agrícola en dosis de 450 a 500 kilos para subir en 0.1 unidades el pH, Valores bajos de pH, para trigo, inciden en un menor desarrollo radicular, menor disponibilidad de nutrientes y alteración en el metabolismo de las plantas.

Respecto de los nutrientes, los suelos en general son deficientes en Nitrógeno y fósforo y azufre. El nitrógeno generalmente su cantidad en el suelo es insuficiente para una buena producción y en consecuencia se debe fertilizar con productos que contengan nitrógeno como Urea, Salitre, Fosfato de amonio, Nitroplus etc. Todos los fertilizantes nitrogenado tienen similar eficiencia y se debe por tanto aplicar el más barato por Unidad de nitrógeno. En las leguminosas de grano la fertilización con nitrógeno puede ser reemplazada por la inoculación de la semilla.

El fósforo en trigo y leguminosas se debe aplicar todo a la siembra incorporado en el suelo. El nitrógeno en trigo se debe aplicar 1/3 a la siembra, 1/3 inicio de macolla y 1/3 fin de macolla.

El azufre depende del contenido de materia orgánica y con valores inferiores a 1,5% es posible que se presente deficiencia. Esta se corrige aplicando 100 kilos por hectárea de Yeso agrícola o Fertiyeso.

Los fertilizantes contienen solo un porcentaje de su peso en nutrientes (Unidades). Ejemplo la Urea contiene 46 unidades de nitrógeno y Salitre Sódico 16 unidades de nitrógeno el resto es material inerte que no le sirve a la planta. Existen fertilizantes compuestos que contienen nitrógeno y fósforo, como el Fosfato Diamónico (FDA) 18 unidades de nitrógeno (N) y 46 unidades de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). El cuadro 7.3. indica el contenido de nutrientes de algunos fertilizantes.

El cálculo del valor de los nutrientes se estima multiplicando el valor de 100 kg de producto por las unidades de nutrientes que el fertilizante contenga. Con limitación de capital, en trigo, lo más conveniente es utilizar una relación 1:0,5 de los nutrientes nitrógeno y fósforo o sea, 2/3 del gasto para nitrógeno y 1/3 para fósforo. En leguminosas utilizar los recursos económicos preferentemente en fósforo ya que el nitrógeno se puede obtener vía la inoculación para mejorar la fijación simbiótica de éste elemento.

**Cuadro 7.3. Contenido de nutrientes de algunos fertilizantes comerciales**

| Fertilizante                | % DE NUTRIENTE |      |     |       |    |     |      |
|-----------------------------|----------------|------|-----|-------|----|-----|------|
|                             | N              | P2O5 | K2O | MgO   | S  | CaO | Na   |
| <b>NITROGENADOS</b>         |                |      |     |       |    |     |      |
| Urea Granulada o perlada    | 45             |      |     |       |    |     |      |
| Salitre Sodico              | 16             |      | 1   |       |    |     | 26   |
| Salitre Potásico            | 15             |      | 14  |       |    |     | 18   |
| Salitre Magnésico           | 15             |      | 1   | 6     |    |     | 24   |
| Supernitro                  | 25             |      |     |       |    |     | 18   |
| Nitromag                    | 27             |      |     | 5.00  |    | 7   |      |
| Nitroplus                   | 22             |      |     | 8.00  |    | 11  |      |
| Nitrocal                    | 25             |      |     |       |    | 15  |      |
| Nitrato de Potásio          | 13             |      | 44  |       |    |     |      |
| <b>FOSFATADOS</b>           |                |      |     |       |    |     |      |
| Superfosfato Triple         |                | 46   |     |       | 1  | 2   |      |
| Superfos                    |                | 40   |     |       | 2  | 35  | 1    |
| Fosfato monoamonico         | 10             | 50   |     | 1     | 2  | 2   |      |
| Fosfato diamonico           | 18             | 46   |     |       |    |     |      |
| Roca Fosfórica*             |                | 15   |     | 1     | 1  | 49  | 1.00 |
| <b>POTASICO</b>             |                |      |     |       |    |     |      |
| Muriato Potasio             |                |      | 60  |       |    |     |      |
| Sulfato de Potasio          |                |      | 50  |       | 18 |     |      |
| Sulpomag                    |                |      | 22  | 18    | 22 |     |      |
| <b>ASUFRADOS</b>            |                |      |     |       |    |     |      |
| Fertiyeso granulado         |                |      |     |       | 18 | 32  |      |
| Fertiyeso polvo             |                |      |     |       | 18 | 32  |      |
| <b>MEZCLAS COMERCIALES</b>  |                |      |     |       |    |     |      |
| Mezcla 212                  | 7              | 26   | 6   |       |    | 11  | 8    |
| Mezcla 215                  | 6              | 21   | 7   | 4     | 3  | 9   | 8    |
| Mezcla 9-41-12              | 9              | 41   | 12  |       |    |     |      |
| Comp. NPK-Hidro             | 20             | 10   | 10  | 2.00  |    | 4   |      |
| <b>ENMIENDAS CALACAREAS</b> |                |      |     |       |    |     |      |
| Cal SOPROCAL                |                |      |     | 1.00  |    | 48  |      |
| Magnecal                    |                |      |     | 17.00 |    | 32  |      |
| <b>OTROS</b>                |                |      |     |       |    |     |      |
| Oxido de Magnesio           |                |      |     | 92.00 |    |     |      |

En el cuadro 7.4., se indican las cantidades de fertilizantes comerciales para suplir las deficiencias del suelo y tener una buena nutrición del trigo con se espera un rendimiento determinado. Se recomienda el Fosfato Diamónico y la Urea como fuentes de fósforo y nitrógeno por ser aquellas que en este momento son las más convenientes desde el punto de vista de un menor costo de unidad por kg de nutriente.

Se recomienda fertilizar con la totalidad del Fosfato Diamónico en siembra ya sea con maquina sembradora o incorporado en siembras a voleo.

**Cuadro 7.4. Dosis de fertilizantes comerciales kg/ha recomendadas para alcanzar un rendimiento determinado.**

| Rendimiento de grano qq/ha | Fertilizante comercial kg/ha |      |                     |             |
|----------------------------|------------------------------|------|---------------------|-------------|
|                            | Fosfato Diamónico            | Urea | Muriato de potasio* | Fertiyeso** |
| 10                         | 10                           | 25   | 0                   | 0           |
| 20                         | 40                           | 65   | 0                   | 0           |
| 25                         | 75                           | 120  | 10                  | 20          |
| 30                         | 90                           | 145  | 25                  | 30          |
| 35                         | 110                          | 180  | 40                  | 45          |
| 40                         | 130                          | 205  | 70                  | 60          |
| 45                         | 145                          | 230  | 95                  | 75          |
| 50                         | 165                          | 260  | 120                 | 100         |

- y \*\* Fertilizar con Muriato de Potasio y/o Sulpomag cuando así lo determine el análisis de suelo.

La urea, para una mayor eficiencia del nitrógeno, se deberá aplicar en dos estados de desarrollo del trigo, la primera al inicio de macolla y la segunda pasada la macolla para disminuir pérdidas por lixiviado por las aguas lluvias. La cantidad a aplicar en cada época es la mitad de la dosis total recomendada.

### 7.3.2. Manejo de los cultivos

Una pauta del manejo de cada cultivo recomendado para incluirlo en la rotación de los dos sistemas son entregados a continuación, no obstante, algunos aspectos específicos, como control de malezas y otros, pueden ser profundizados en los otros capítulos de éste boletín. Los productos químicos indicados deben ser tomados sólo como ejemplo, pudiendo utilizarse otros de igual eficacia.

### 7.3.2.1. TRIGO

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Preparación de suelo    | Subsolado, cada 10 años  |
| Barbecho Químico        | Mediados de abril en adelante, cuando las malezas han emergido, Roundup 2,5 – 5 L/ha   |
| Siembra                 | Cero Labranza  |
| Rotación                | Anualmente con Leguminosas de grano, avena cada cuatro años con hualputra.   |
| Varietades              | Domo - INIA, Huayún – INIA, Opala – INIA, Ciko – INIA, Huañil – INIA, Pandora – INIA.  |
| Fecha de siembra        | Mayo   |
| Dosis de semilla        | 180 Kg / ha.   |
| Desinfección de semilla | Para evitar daño de carbonos   |
| Fertilización           | Análisis de suelo. Dosis de N y P según rendimiento esperado y en algunos casos K y S.   |
| Malezas                 | Manejo y control hoja ancha y hoja angosta previa identificación. Aplicar, según producto, desde tercera hoja hasta fines de macolla |
| Rendimiento             | 30 – 50 qq/ha  |

### 7.3.2.2. TRITICALE

Es una especie resultado de cruce de trigo y centeno, se usa para la alimentación animal fundamentalmente.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Preparación de suelo    | Subsolado, cada 10 años  |
| Barbecho Químico        | mediados de abril en adelante, cuando las malezas han emergido, Roundup 2,5 – 5 L/ha   |
| Siembra                 | Cero Labranza  |
| Rotación                | Anualmente con Leguminosas de grano, trigo, avena y/o con hualputra cada cuatro años.  |
| Variedades              | Triticale Aguacero –INIA   |
| Fecha de siembra        | Mayo   |
| Dosis de semilla        | 160 Kg / ha.   |
| Desinfección de semilla | Para evitar daño de carbones   |
| Fertilización           | Análisis de suelo. N,P según rendimiento esperado y en algunos casos K y S.  |
| Malezas                 | Manejo y control hoja ancha y hoja angosta previa identificación. Aplicar, según producto, desde tercera hoja hasta fines de macolla |
| Rendimiento             | 40 - 55 qq/ha  |

### 7.3.2.3. AVENA

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Preparación de suelo    | Subsolado, cada 10 años  |
| Barbecho Químico        | mediados de abril en adelante, cuando las malezas han emergido, Roundup 2,5 – 5 L/ha   |
| Siembra                 | Cero Labranza  |
| Rotación                | Anualmente con Leguminosas de grano, triticale avena y/o cada cuatro años con hualputra.   |
| Variedades              | Urano –INIA, Nehuén INIA   |
| Fecha de siembra        | Mayo   |
| Dosis de semilla        | 120 Kg / ha.   |
| Desinfección de semilla | Para evitar daño de carbones   |
| Fertilización           | Análisis de suelo. N,P según rendimiento esperado y en algunos casos K y S.  |
| Malezas                 | Manejo y control hoja ancha previa identificación. Aplicar, según producto, desde tercera hoja hasta fines de macolla. Para malezas hoja angosta no existe control químico en avena, ya que los graminicidas matan la avena. |
| Rendimiento             | 30 – 50 qq/ha  |

#### 7.3.2.4. LENTEJA

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Variedad                    | SuperAraucana-INIA. Produce un 70 a 90% de granos de 7 mm.  |
| Fecha siembra               | Mayo, en lomas.   |
| Dosis de semilla            | 80 kg/ha  |
| Distancia entre hileras     | 35 – 40 cm.   |
| Distancia sobre la hilera   | La sembradora de cereales cero labranza es muy adecuada para sembrar lentejas.  |
| Profundidad de siembra      | 5 a 7 cm en lomas.  |
| Fertilización               | Fósforo . Según el análisis de suelos , o aplique 120 kg/ha de Superfosfato Triple, en el surco de siembra junto a la semilla. Nitrógeno*. Inocule la semilla con rizobios.   |
| Control de babosas          | 2 kg/ha de cebos, aplicar preferentemente en los bordes de los potreros.  |
| Control de Malezas          | Simazina de pre-emergencia, para malezas de hoja ancha.Galant, Assure, Poast u otros, para el control de avenilla, ballica y otras malezas gramíneas.   |
| Control de Antracnosis      | Usar Bravo u Hortyl en dosis de 2 l/ha, aplicados a inicio de floración o cuando aparezcan las lesiones de antracnosis en hojas o vainas  |
| Fechas de cosecha probables | Entre el 15 al 20 de noviembre.   |
| Observaciones               | La lenteja es muy afectada por el exceso de humedad, la acumulación de agua provoca asfixia en sus raíces y la muerte de plantas en poco tiempo, por lo debe evitarse sembrar en aquellos potreros de posición baja donde el agua permanece en la superficie por más de un día. |

\*Inocular la semilla, si en cultivos anteriores de lenteja, arveja, habas o chícharo no se han observado nódulos en las raíces.

### 7.3.2.5. LUPINO

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Variedades                | Lupino blanco : Rumbo<br>Lupino australiano : Gungurru, Merrit   |
| Fecha siembra             | Mediados de abril a mediados de junio . No siembre más allá del 20 de mayo, para el lupino blanco.   |
| Semilla                   | Usar sólo semilla libre de antracnosis.<br>Desinfectar la semilla con insecticida (Lorsban o Diazinon) por vía húmeda para el control de la mosca de la semilla.   |
| Dosis de semilla          | 120 kg/ha para el lupino blanco.<br>100 kg/ha para el lupino australiano   |
| Distancia entre hileras   | 40 - 50 cm   |
| Distancia sobre la hilera | A “ chorro continuo” o “cola de buey”, si se siembra en forma manual.<br>Con sembradora neumática de 6 a 7 cm , sobre la hilera.   |
| Profundidad de siembra    | 4 a 6 cm. No sembrar a mayor profundidad, por que se disminuye emergencia de plantas.  |
| Fertilización.            | Según indique el análisis de suelos, o 80 kg/ha de superfosfato triple mezclado con 100 kg/ha de Sulfato de Potasio, localizado en el surco de siembra.<br>Inocular la semilla, si en cultivos anteriores de lupino no se han observado nódulos en las raíces. Si la semilla esta desinfectada, la inoculación debe hacerse en el momento de la siembra. |
| Control de Malezas        | Simazina 50 WP 2 kg/ha, de pre-emergencia, para malezas de hoja ancha. Galant, Assure, Pantera, Centurión u otros graminicidas, de post-emergencia para el control de avenilla, ballica y otras malezas gramíneas.   |
| Control de Antracnosis    | Usar semillas libres de la enfermedad y desinfectarlas. Pulverizar con Rovral, Sportak o Mirage en dosis de 1 l/ha cuando aparezcan síntomas en hojas o tallos   |
| Fechas cosecha            | probables de Lupino australiano, entre el 25 al 30 de noviembre.<br>Lupino blanco, entre el 15 al 20 de diciembre  |

### 7.3.2.6. ARVEJA PARA VAINA VERDE

|  |  |
|--|--|
| Variedades                                       | Perfect Freezer, Utrillo, Bolero.  |
| Fecha siembra                                    | Mayo-Agosto, en lomas  |
| Dosis de semilla                                 | 120 kg/ha. Use semilla sana , libre de <i>Pseudomonas syringae pv. pisi</i> , causante del Tizón del follaje.  |
| Distancia entre hileras                          | 121<br>40 - 50 cm  |
| Distancia sobre la hilera                        | Utilizar maquina de cero labranza  |
| Profundidad de siembra                           | 5 a 7 cm en lomas. No más de 10 cm en vegas  |
| Fertilización.                                   | Según indique el análisis de suelos, o 2 sacos de superfosfato triple, localizado en el surco de siembra.<br>Inocular la semilla, si en cultivos anteriores de lenteja, chícharo, arveja o haba no se han observado nódulos en las raíces. |
| Control de Malezas                               | Simazina 2 kg/ha de pre-emergencia, para malezas de hoja ancha o Basagran de post emergencia. Galant, Assure, Poast u otros, para el control de avenilla, ballica y otras malezas gramíneas.   |
| Control de Tizón del follaje o tizón bacteriano. | Atrasar la siembra, usar variedades menos dulces, aplicar productos cúpricos, tan pronto aparezcan los primeros sintomas, usar Cuprodul, Oxicup en dosis de 250 g / 100 lt. de agua y con buen cubrimiento.                                |
| Fechas de cosecha                                | Del 15 al 25 de octubre  |

### 7.3.2.7. ARVEJA PARA GRANO SECO

|  |   |
|--|---|
| Variedades                                       | Brisca-INIA, Botánica-INIA, Solara y Amarilla-INIA.   |
| Fecha siembra                                    | Mayo  |
| Dosis de semilla                                 | 120 kg/ha. Use semilla sana , libre de <i>Pseudomonas syringae pv. pisi</i> , causante del Tizón del follaje.   |
| Distancia siembra                                | 40 – 50 cm entre hileras y a chorro continuo sobre hilera, utilizar maquina cero labranza.  |
| Profundidad de siembra                           | 5 a 7 cm en lomas.  |
| Fertilización.                                   | Según indique el análisis de suelos, o 2 sacos de superfosfato triple, localizado en el surco de siembra.<br>Inocular la semilla, si en cultivos anteriores de lenteja, chícharo, arveja o haba no se han observado nódulos en las raíces.  |
| Control del bruco                                | Control del bruco de la arveja ( <i>Bruchus pisorum</i> ):Especialmente para la producción de grano seco. El bruco de la arveja aparece en el cultivo sólo después de haber brotado las flores y pone sus huevos en las vainas verde en formación. Por lo tanto, es necesario observar la presencia de los brucos desde la floración en adelante. Los huevos de los brucos son fáciles de identificar y son de forma alargada y de color salmón. Sólo aplique insecticida de baja toxicidad, si observa brucos durante el período de floración y formación de vainas. Después de 15 días de la primera aplicación, observe nuevamente el cultivo en busca de brucos, sólo si detecta su presencia aplique otra vez insecticida. |
| Control de Malezas                               | Simazina 2 kg/ha de pre-emergencia, para malezas de hoja ancha.<br>Basagran de post-emergencia, para el control de malezas de hoja ancha.<br>Galant, Assure, Pantera u otros, para el control de avenilla, ballica y otras malezas gramíneas.   |
| Control de Tizón del follaje o tizón bacteriano. | Atrasar la siembra, usar variedades menos dulces, aplicar productos cúpricos, tan pronto aparezcan los primeros sintomas, usar Cuprodul, Oxicip en dosis de 250 g / 100 lt. de agua y con buen cubrimiento.   |
| Cosecha  | Del 20 al 30 de diciembre   |

### 7.3.2.8. HABA PARA VAINA VERDE

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Variedades                      | Aguadulce, Luz de Otoño, Portuguesa-INIA   |
| Fecha siembra                   | Abril – Mayo   |
| Dosis de semilla                | 140-200 kg/ha.. Use semilla limpia, sin mancha.. Desinfecte la semilla con Pomarsol 200 g/100 kg   |
| Distancia entre hileras         | 50 – 60 cm   |
| Distancia sobre la hilera       | Siembra un a sola semilla cada 15- 20 cm .   |
| Profundidad de siembra          | 8 a 10 cm .  |
| Fertilización.                  | Según indique el análisis de suelos, o 2 sacos de superfosfato triple, localizado en el surco de siembra.<br>Inocular la semilla, si en cultivos anteriores de lenteja, chícharo, arveja o haba no se han observado nódulos en las raíces. |
| Control de Malezas              | Simazina 2 kg/ha de pre-emergencia, para malezas de hoja ancha. Galant, Assure, Pantera u otros, para el control de avenilla, ballica y otras malezas gramíneas.   |
| Control de la mancha chocolate. | Aplicar Bavistin, Benlate, Polyben o Rovral (1 Kg/ha) en floración y formación de vaina verde y siempre que se encuentren lesiones de la enfermedad en hojas flores o vainas.  |
| Fechas probables de cosecha     | Para siembras tempranas fines de octubre.  |

No siembre haba en suelos con pH a 5,6 . Para sembrar en suelos con pH iguales o más ácidos debe encalar.

### 7.4. EXPERIENCIAS DE SIEMBRAS CERO LABRANZA EN SAN JOSÉ DE NINHUE

La implementación de los sistemas productivos en San José de Ninhue se ha iniciado con el trigo, arvejas, lentejas y avena en cero labranza. El cultivo del trigo ha sido el cultivo más importante en cuanto a superficie y agricultores que lo han realizado, Cuadro 7.5. La superficie cultivada en cero labranza ha aumentado en un 279 % al segundo año, en un 613 % el tercer año respecto del primer año y un 219 % el tercer año respecto del segundo. En el cuarto año la superficie sembrada aumentó un 1078 % respecto del primer año, un 385% respecto del segundo y un 175 % respecto del tercer año.

Asimismo, los agricultores que sembraron en cero labranza aumentaron el cuarto año respecto del primer año un 492 % en trigo, 150% en arvejas 700% en lentejas, 850% en avena.

Este incremento si bien cierto ha sido posible por la participación de los productores en el proyecto, también se explica por la utilización y medios por parte de los productores de los instrumentos de apoyo que han entregado las instituciones que participan en el proyecto, como INIA, JICA e INDAP.

**Cuadro 7.5. Agricultores y superficie sembrada en cero labranza proyecto Cadepa 2001/2004**

| Cultivo          | 2001 |             | 2002 |             | 2003 |              | 2004 |              |
|------------------|------|-------------|------|-------------|------|--------------|------|--------------|
|                  | Agr. | Sup. ha     | Agr. | Sup. ha     | Agr. | Sup. ha      | Agr. | Sup. ha      |
| <b>Trigo</b>     | 12   | 12,1        | 31   | 39,1        | 43   | 91,8         | 59   | 138,0        |
| <b>Arvejas</b>   | 6    | 3,9         | 7    | 5,6         | 5    | 3,1          | 9    | 6,1          |
| <b>Lentejas</b>  | 2    | 1,2         | 5    | 3,9         | 4    | 5,2          | 14   | 23,6         |
| <b>Avena</b>     | 2    | 1,4         | 3    | 3,4         | 10   | 14,1         | 17   | 20,5         |
| <b>Triticale</b> |      |             |      |             |      |              | 1    | 1,0          |
| <b>Praderas</b>  |      |             |      |             |      |              | 16   | 11,4         |
| <b>TOTAL</b>     |      | <b>18,6</b> |      | <b>52,0</b> |      | <b>114,2</b> |      | <b>200,6</b> |

Respecto de las superficies promedios sembradas por productor y los rendimientos alcanzados se observa que estos han evolucionado. Las superficies en trigo sembradas por agricultor se han duplicado en cuatro años y los rendimientos se han mantenido sostenidamente sobre un promedio de 30qq/ha.

En arvejas la superficie promedio por agricultor no ha aumentado y los rendimientos han presentado cierta variabilidad, especialmente el año 2002, en que la cosecha se perdió totalmente por efecto de una severa helada de menos 6°C en el invierno.

El Cultivo de lentejas también aumentó la superficie sembrada en forma importante, no obstante sus rendimientos no muestran la misma estabilidad que en el trigo.

El cultivo de avena siempre ha demandado el interés de los productores, su superficie cultivada se ha mantenido baja y relativamente constante, en atención a que los rendimientos han sido bajos. INIA ha introducido durante la temporada 2004 la variedad de avena Urano con la que se espera lograr mayores rendimientos. El Cuadro 7.6. muestra la superficie promedio sembrada de los diferentes cultivos con los respectivos rendimientos.

**Cuadro 7.6. Superficie promedio y rendimientos siembras cero labranza cadepa, 2001/ 04**

| Cultivo          | 2001    |         | 2002    |         | 2003    |         | 2004    |         |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                  | Sup. ha | qq / ha |
| <b>Trigo</b>     | 1,00    | 32,50   | 1,26    | 35,80   | 2,13    | 31,50   | 2,33    | 36,2    |
| <b>Arvejas</b>   | 0,65    | 46,60   | 0,80    | -       | 0,62    | 31,60   | 0,67    | 33,5    |
| <b>Lentejas</b>  | 0,60    | 4,30    | 0,78    | 12,00   | 1,30    | 4,95    | 1,68    | 10,1    |
| <b>Avena</b>     | 0,70    | si      | 1,13    | 15,00   | 1,41    | 14,41   | 1,20    | 18,4    |
| <b>Triticale</b> |         |         |         |         |         |         | 1,00    | 18,3    |

### **7.5. ANÁLISIS DEL CULTIVO DEL TRIGO EN CERO LABRANZA TEMPORADA 2003**

El año 2003 fue la tercera temporada del proyecto CADEPA con siembras en cero labranza, a fin de conservar el suelo y aumentar su productividad. La superficie del cultivo del trigo ha venido aumentando anualmente como se indicó en el cuadro 7.5.

En los predios de los productores de San José y en la parcela experimental del proyecto CADEPA, PECA, se realizó un estudio del cultivo de trigo en cero labranza para evaluar rendimiento y su relación con los distintos componentes. La información obtenida permite disponer de una referencia en la etapa inicial de introducción de la cero labranza en el secano interior.

La metodología utilizada para desarrollar el estudio consistió en dividir la siembra de trigo de los agricultores en dos áreas; una de buen desarrollo y otra de desarrollo normal y determinar su proporción por medio de observaciones.

En cada área se cosechó al azar dos metros cuadrados de trigo que incluyo tres repeticiones. En cada muestra se midió:

- i) altura de cada planta.
- ii) espigas por repetición, se calculo espigas por metro cuadrado.
- iii) se seleccionaron 20 espigas representativas por repetición y se determinó granos por espiga
- iv) se pesó la totalidad de los granos y se calculo el peso de granos por espiga.
- v) El peso de mil granos, utilizando el peso de granos por espiga y la cantidad de granos por espiga.
- vi) Se trillo el resto de las espigas por repetición para medir el peso de granos por 2m<sup>2</sup>, que permitió estimar el rendimiento por hectárea.

El rendimiento por cada área del cultivo se determinó de acuerdo a la formula siguiente:

$$X = (Xa \cdot r + Xb \cdot (100 - r)) / 100$$

Donde:

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>X (t / ha)</b> | = rendimiento total                                 |
| <b>r, (%)</b>     | = proporción de la superficie de buen crecimiento   |
| <b>Xa (t/ha)</b>  | = rendimiento área cultivo de buen crecimiento      |
| <b>(100 - r)%</b> | = proporción de la superficie de crecimiento normal |
| <b>Xb (t/ha)</b>  | = rendimiento área cultivo de crecimiento normal    |

Finalmente, se realizaron algunos estudios de emergencia y crecimiento del trigo en siembras de productores.

## 7.6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 7.6.1. Rendimiento

Como se muestra en la Figura 7.1. en la distribución estratificada del rendimiento del trigo del año 2003, hay dos grupos de productores, en los estratos de producción de 2 ~ 2.5 t/ha y más de 3 t/ha. Para los grupos de productores que están bajo el promedio de producción se necesita implementar contramedidas para superar el bajo rendimiento actual. El promedio es de 3.15 t/ha, siendo más bajo que el año 2002 que fue de 3.5 t / ha.

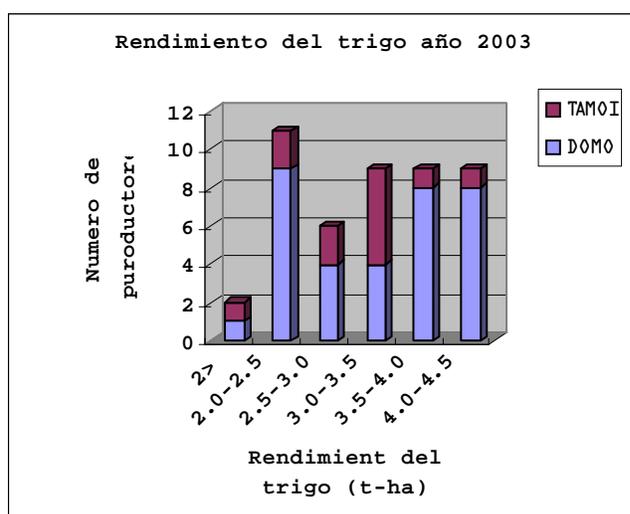


Figura 7.1. Rendimiento del trigo con cero-labranza en sector San José (2003)

### 7.6.2. Rendimiento del trigo en función de los componentes de rendimientos

La matriz de correlación del rendimiento del trigo y entre cada uno de los factores que afectan a los rendimientos se muestran en el cuadro 7.7.

**Cuadro 7.7. Matriz de correlación entre rendimiento y los elementos constitutivos del rendimiento**

| Elementos constitutivos del rendimiento | Coeficiente de correlación (simple) |    | Coeficiente de correlación (parcial) |    |
|---|-------------------------------------|----|--------------------------------------|----|
| fecha de siembra                        | -0.489                              | ** | -0.011                               |    |
| Bueno%                                  | 0.705                               | ** | -0.045                               |    |
| No de Espigas                           | 0.764                               | ** | 0.822                                | ** |
| No de granos por espiga                 | 0.613                               | ** | 0.158                                |    |
| Peso de pranos por espiga               | 0.630                               | ** | -0.046                               |    |
| peso de mil granos                      | 0.312                               | *  | 0.138                                |    |
| Alto de planta del trigo                | 0.602                               | ** | 0.066                                |    |

N°= 48

\*\* : P > 1%, \* : P > 5%

El análisis de correlación simple se detectó que existe una alta correlación entre los distintos factores que afectan al rendimiento del trigo a excepción del peso de mil granos. Además, el análisis de Correlación Parcial mostró que sólo el N° de espigas tiene una correlación elevada con el rendimiento del trigo. Por ello es muy importante aumentar la cantidad de espigas para obtener buenos rendimientos. Los resultados fueron similares en el año 2002.

La figura 7.2. presenta la distribución de relación entre cada elemento constitutivo del rendimiento y el rendimiento propiamente tal. Se puede saber a través de estos gráficos que para obtener un alto rendimiento es necesario asegurar ante todo la cantidad de espigas, y después aumentar la superficie de buen desarrollo y por consiguiente disminuir el área de desarrollo normal. Las superficies de buen desarrollo y de normal desarrollo pueden ser originadas por la presencia o ausencia de humedad en el suelo, aparición parcial de malezas, desigualdad de la fertilidad del suelo, entre otros.

Otro factor correlacionado altamente con el rendimiento es la cantidad y el peso de granos por espiga. La fertilización adicional adecuada y la preparación del suelo con la capacidad de retención de agua son importantes.

Además, si se atrasa la época de siembra, se disminuye el crecimiento del trigo, y disminuyen el peso y el número de granos por espiga, resultando bajo el rendimiento (Figura 7.3.).

Para asegurar la cantidad de espigas, son importantes los puntos siguientes:

- a) dosis de semilla adecuada, 180 kg /ha,
- b) las semillas sembradas germinan bien,
- c) los trigos germinados tienen una buena capacidad de macollamiento, y crecen bien, formando espigas,
- d) las espigas llegan con la máxima cantidad de granos sin ser dañadas por las enfermedades y la humedad la sequía.

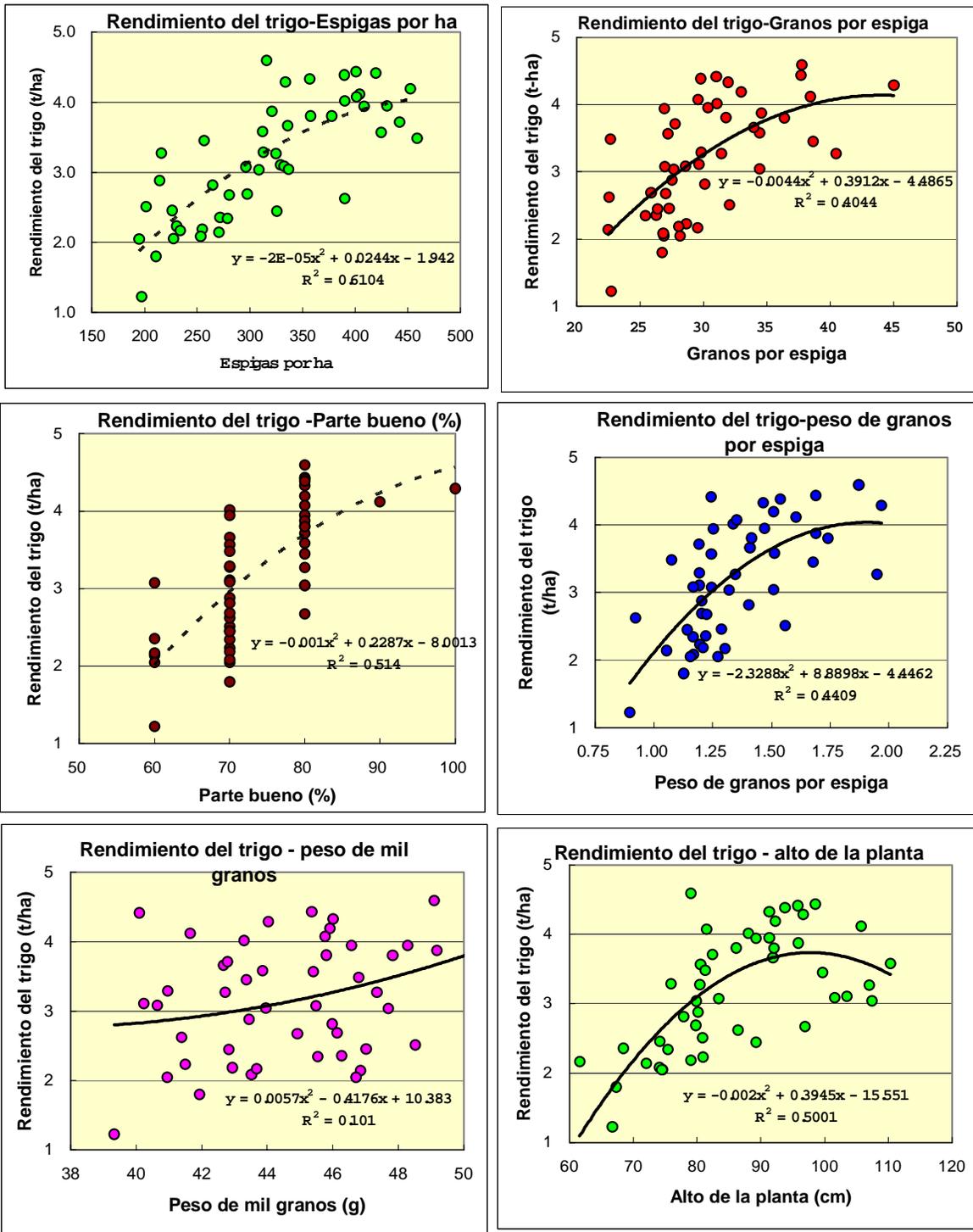
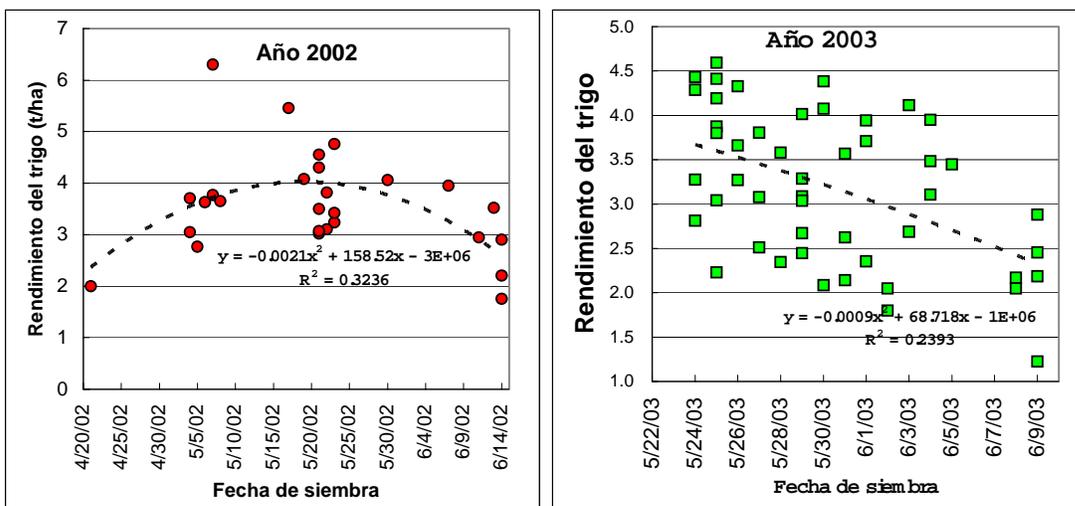


Figura 7.2. Relaciones entre el rendimiento del trigo y cada elemento constitutivo del rendimiento



**Figura 7.3. Fecha de siembra y el rendimiento del trigo (año 2002 y año 2003)**

### 7.6.2. Tipos de sembradoras y la profundidad de siembra

La relación entre los tipos de sembradoras utilizadas el año 2003 y la profundidad de siembra de estas se muestra en el cuadro 7.8.

**Cuadro 7.8. Medios de siembra y profundidad de semilla sembrada**

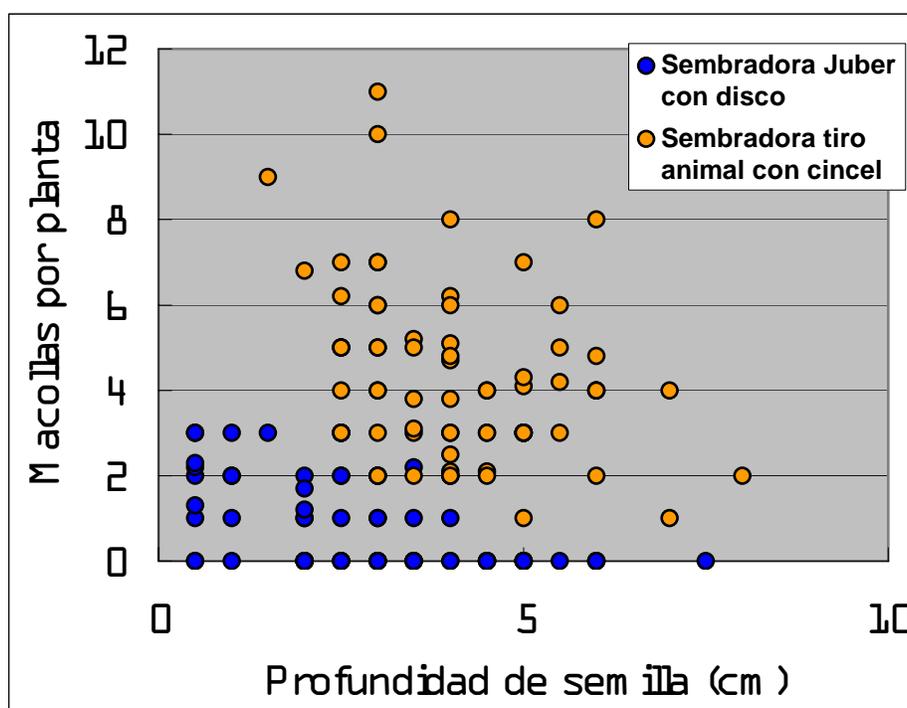
| Siembra  | promedio<br>(cm) | desviación<br>estándar |
|--|------------------|------------------------|
| Juber grande con discos                                | 4.0              | 2.1                    |
| Cinzel tirada por tractor, 8 hileras, INIA - Quilamapu | 4.6              | 2.1                    |
| Cinzel de tiro animal con 7 hileras, Temuco            | 4.0              | 1.6                    |
| Cinzel de tiro animal con 5 hileras (Indemaf)          | 3.9              | 2.0                    |
| Subsolado y voleo                                      | 3.2              | 1.5                    |
| Tradicional, con barbecho                              | 4.6              | 2.3                    |

También el cuadro 7.9. se indica que la profundidad de siembra varía según el suelo, de acuerdo a datos obtenidos con la sembradora de disco de 10 hileras Juber. Por lo tanto, es deseable que para la siembra a máquina se ajuste la profundidad de siembra de acuerdo a las condiciones de éste.

**Cuadro 7.9. Comparación de Profundidad (cm) de semilla sembrada con la sembradora de discos Juber.**

| Parcela              | prom edio | * | desviación<br>estandar | desviación /<br>prom edio (%) |
|----------------------|-----------|---|------------------------|-------------------------------|
| PECA (sin subsolado) | 3.1       | a | 1.8                    | 57                            |
| PECA (con subsolado) | 4.1       | b | 2.0                    | 50                            |
| Terreno 1            | 5.2       | c | 2.2                    | 42                            |
| Terreno 2            | 4.1       | b | 1.6                    | 39                            |
| Terreno 3            | 2.9       | a | 1.6                    | 55                            |
| Terreno 4            | 2.5       | a | 1.1                    | 46                            |
| Terreno 5            | 2.6       | a | 1.5                    | 57                            |
| Terreno 6            | 6.2       | d | 1.9                    | 31                            |

La figura 7.4. muestra la relación entre la profundidad de siembra y la cantidad de macollas. Cuanto mayor es la profundidad de siembra tanto menor es la cantidad de macollas.



**Figura 7.4. Profundidad de la semilla sembrada con cero-labranza y número de macollas**

El cuadro 7.10. presenta la densidad de plantas (germinación) por m<sup>2</sup>. El número de semillas por m<sup>2</sup> obtenido de sembrar 180 kg/ha alcanzó a 383 plantas / m<sup>2</sup> (suponiendo que el peso de mil

granos es de 47g). Si la tasa de germinación es 80%, el número de plantas es un poco más de 300 unidades por m<sup>2</sup>. El número de plantas es bastante bajo, y sobre todo en casos de la sembradora de siete hileras de tiro animal y la siembra al voleo previo subsolado.

**Cuadro 7.10. Máquina sembradora y germinación de semilla del trigo. San José, Ninhue. 2003**

| Siembra                                 | promedio                    |                             |                                | desviación estandar         |                   |                                | Coeficiente de variación, % |                   |                                |
|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|
|   | distancia entre hileras(cm) | Plantas por metro lineal. u | Plantas por m <sup>2</sup> , u | distancia entre hileras(cm) | Plantas por metro | Plantas por m <sup>2</sup> , u | distancia entre hileras(cm) | Plantas por metro | Plantas por m <sup>2</sup> , u |
| Juber discos, 10 hileras                | 19.8                        | 41.8                        | 213                            | 1.0                         | 8.4               | 48                             | 5                           | 20                | 23                             |
| Cinzel, 8 hileras. INIA Quilamapu       | 17.8                        | 41.8                        | 237                            | 1.8                         | 6.9               | 49                             | 10                          | 17                | 21                             |
| Cinzel tiro animal, 7 hileras, Temuco   | 19.5                        | 20.7                        | 108                            | 1.5                         | 6.1               | 34                             | 8                           | 29                | 31                             |
| Cinzel, 5 hileras, tiro animal, Indemaf | 18.9                        | 45.7                        | 249                            | 2.9                         | 8.1               | 62                             | 15                          | 18                | 25                             |
| Con subsolado+al voleo                  |                             |                             | 172                            |                             |                   | 50                             |                             |                   | 29                             |
| Tradicional después de barbecho         |                             |                             | 201                            |                             |                   | 50                             |                             |                   | 25                             |

El número de las semillas del trigo en caso de sembrado 180kg/ha es 383 (el peso de un mil semillas es

El cuadro 7.11. muestra el rendimiento y los elementos constitutivos del rendimiento por sembradora. El número de espigas por m<sup>2</sup> obtenido en siembras de trigo efectuada con sembradora de cero labranza con cinzel de siete hileras y de tiro animal es bajo y el rendimiento también. Pero, el número de granos por espiga, el peso de granos por espiga y en especial el peso de mil granos son grandes. El bajo rendimiento se debe a la baja cantidad de semilla, por lo tanto se necesita ajustar la maquina para entregar y sembrar la cantidad de semilla recomendada. Entre la sembradora de tiro animal y la sembradora tirada por tractor, el número de espigas por m<sup>2</sup> de esta última es levemente superior, siéndolo también el rendimiento.

**Cuadro 7.11. Medios de siembra y el rendimiento del trigo o los elementos constitutivos del rendimiento por sembradora**

| Maquina sembradora                               | Rendimiento del trigo (t/ha) | Nº de Espigas por m <sup>2</sup> | Nº de granos por espiga | Peso de granos por espiga | Peso de mil granos (g) | Alto de la planta (cm) |
|--|------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| Sembradora tiro animal 5hileras con cinzel       | 2.95                         | 310                              | 31                      | 1.38                      | 44.1                   | 86                     |
| Sembradora tiro animal 7hileras con cinzel       | 2.89                         | 253                              | 32                      | 1.50                      | 47.2                   | 82                     |
| Subsolado y sembrado al voleo                    | 2.26                         | 255                              | 26                      | 1.04                      | 40.1                   | 71                     |
| Sembradora Juber con tractor 10hileras con disco | 3.19                         | 322                              | 30                      | 1.32                      | 44.6                   | 87                     |
| Sembradora con tractor 8hileras con cinzel       | 3.07                         | 332                              | 27                      | 1.23                      | 45.6                   | 81                     |

### 7.6.3. Siembra al voleo

El rendimiento del trigo sembrado al voleo y a maquina se observa en la figura 7.5. No obstante, como se vio en el cuadro 7.11. el número de espigas por m<sup>2</sup> es bajo y al mismo tiempo el número de granos por espiga, el peso de mil granos y la altura de las plantas también son bajos. Se supone que esto se debe a que las semillas son susceptibles a daños causados por la sequía debido a la siembra superficial y por no haber sido enterradas suficientemente para una adecuada germinación. Para la siembra al voleo tras el tratamiento con subsolado es necesario idear algo para que las semillas queden bien tapadas con suelo en la siembra.

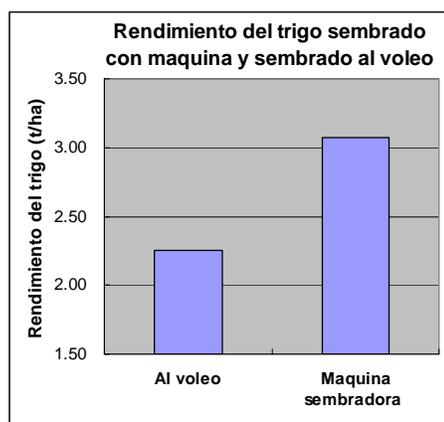


Figura 7.5. Rendimiento del trigo sembrado con maquina sembradora o sembradora al voleo

### 7.6.4. Con o sin subsolador

En julio del año 2003, se inició un trabajo para evaluar el comportamiento del trigo establecido con y sin subsolado previo, los resultados se entregan en los cuadro 7.12 y 7.13.

Cuadro 7.12. Comparación del crecimiento del trigo con subsolado y sin subsolado. San José , Ninhue, 2003

| Lugar     | Tratamiento   | Profundidad de siembra | Plantas con nudos de raíces adventicias | Número de macollas | Altura de plantas (cm), de macolla a encañado |
|-----------|---------------|------------------------|---|--------------------|---|
| PECA      | Con Subsulado | 4.1 ± 2.0              | 60.0                                    | 0.0 ± 0.0          | 14.0 ± 2.9                                    |
|           | Sin Subsulado | 3.1 ± 1.8              | 25.3                                    | 0.0 ± 0.0          | 15.8 ± 2.3                                    |
| TERRENO A | Con Subsulado | 3.6 ± 1.4              | 78.7                                    | 0.8 ± 1.1          | 18.7 ± 2.9                                    |
|           | Sin Subsulado | 2.7 ± 1.0              | 33.3                                    | 1.0 ± 1.2          | 25.1 ± 2.5                                    |

**Cuadro 7.13. Comparación del rendimiento del trigo con subsolado y sin subsolado, PECA. San José , Ninhue, 2003**

| Tratamiento          | Rendimiento (Ton/ha) | Número espigas / m <sup>2</sup> | Granos/espiga     | Peso 1000 granos (grs) |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|
| <b>Con Subsolado</b> | <b>3.60 ± 0.55</b>   | <b>298 ± 0.32</b>               | <b>31.7 ± 2.3</b> | <b>49.5 ± 0.5</b>      |
| <b>Sin Subsolado</b> | <b>3.86 ± 0.73</b>   | <b>290 ± 0.40</b>               | <b>2.526.3 ±</b>  | <b>47.8 ± .4</b>       |

El rendimiento del trigo aumenta 7.4 qq/ha por esta ejecución. Esto significa un aumento de \$74,000/ha si el precio del trigo es de \$10,000 por qq. El costo del tratamiento por subsolado es \$25,850/ha, y por lo tanto el incremento del rendimiento permite recuperar el aumento del costo debido al tratamiento por subsolado. El subsolado se debe realizar una vez cada cinco a diez años, dependiendo de la rotación de cultivos. (Foto 7.3.)



**Foto 7.3. Color de hojas del trigo con subsolado y sin subsolado ( año 2003, PECA )**

#### **7.6.5. Uso de guano de pollo**

Se emplearon 12 t/ha de guano de pollo. La producción de macollas se desarrolla activamente desde la etapa inicial del crecimiento, y el color de hojas se oscurece. (Foto 7.4.)



Foto 7.4. Crecimientos del trigo con guano y sin guano de gallina

También permite una alta la absorción del nitrógeno y el azufre (Figura 7.6. y Figura 7.7.).

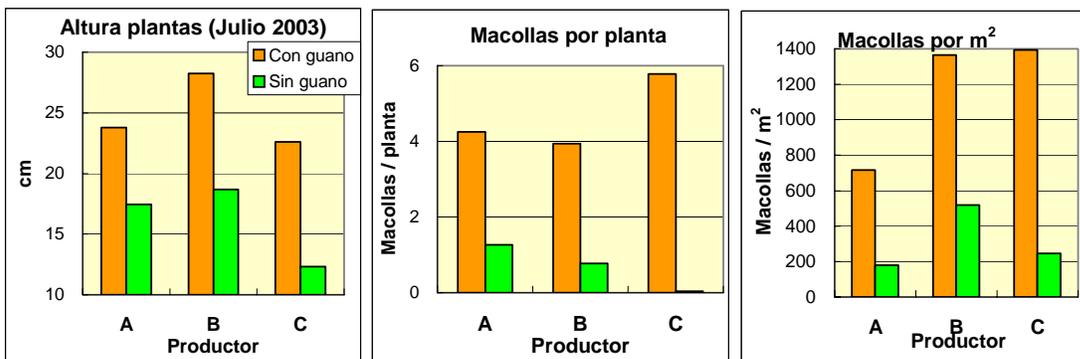


Figura 7.6. Crecimiento del trigo con cero-labranza con y sin guano de gallina

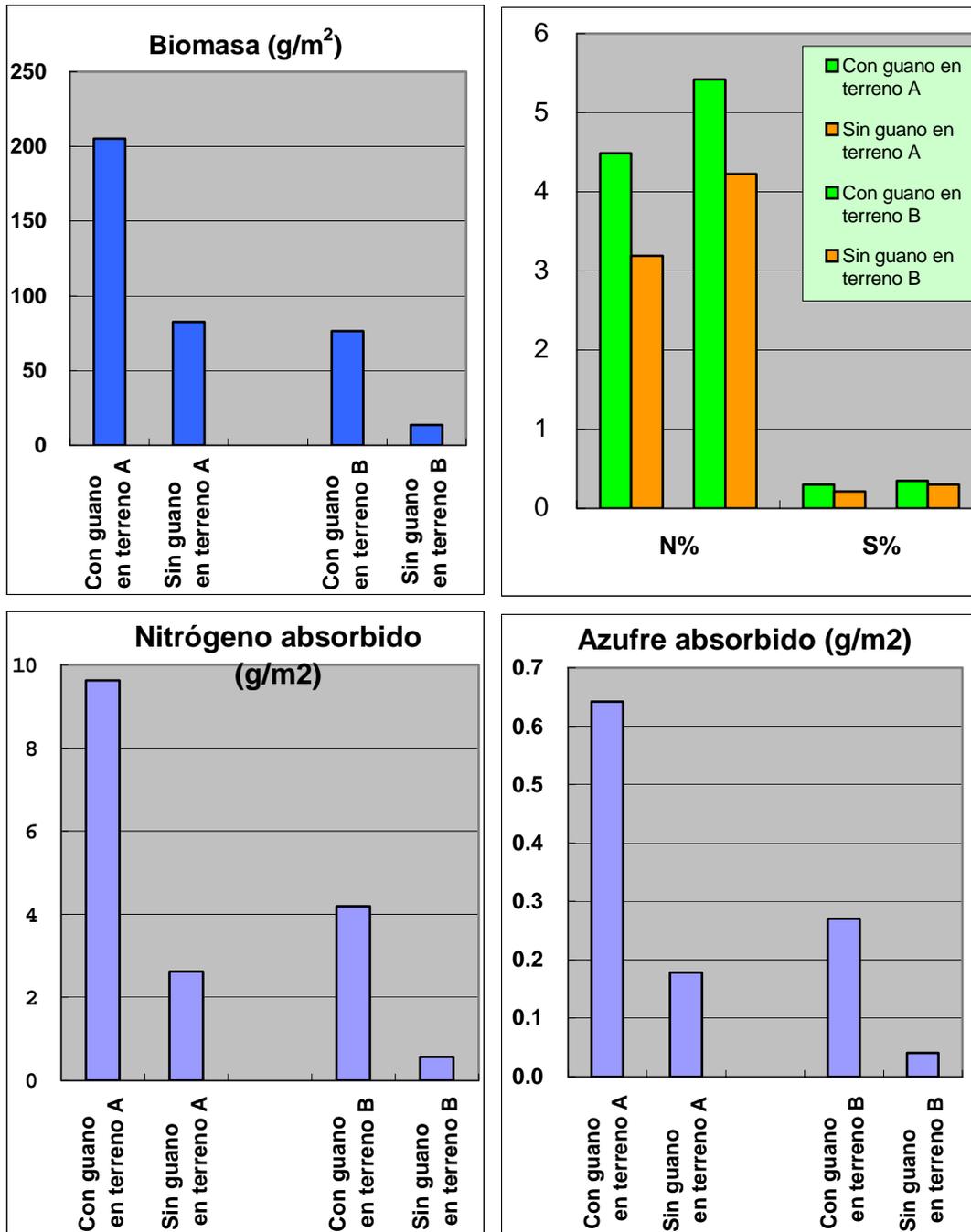
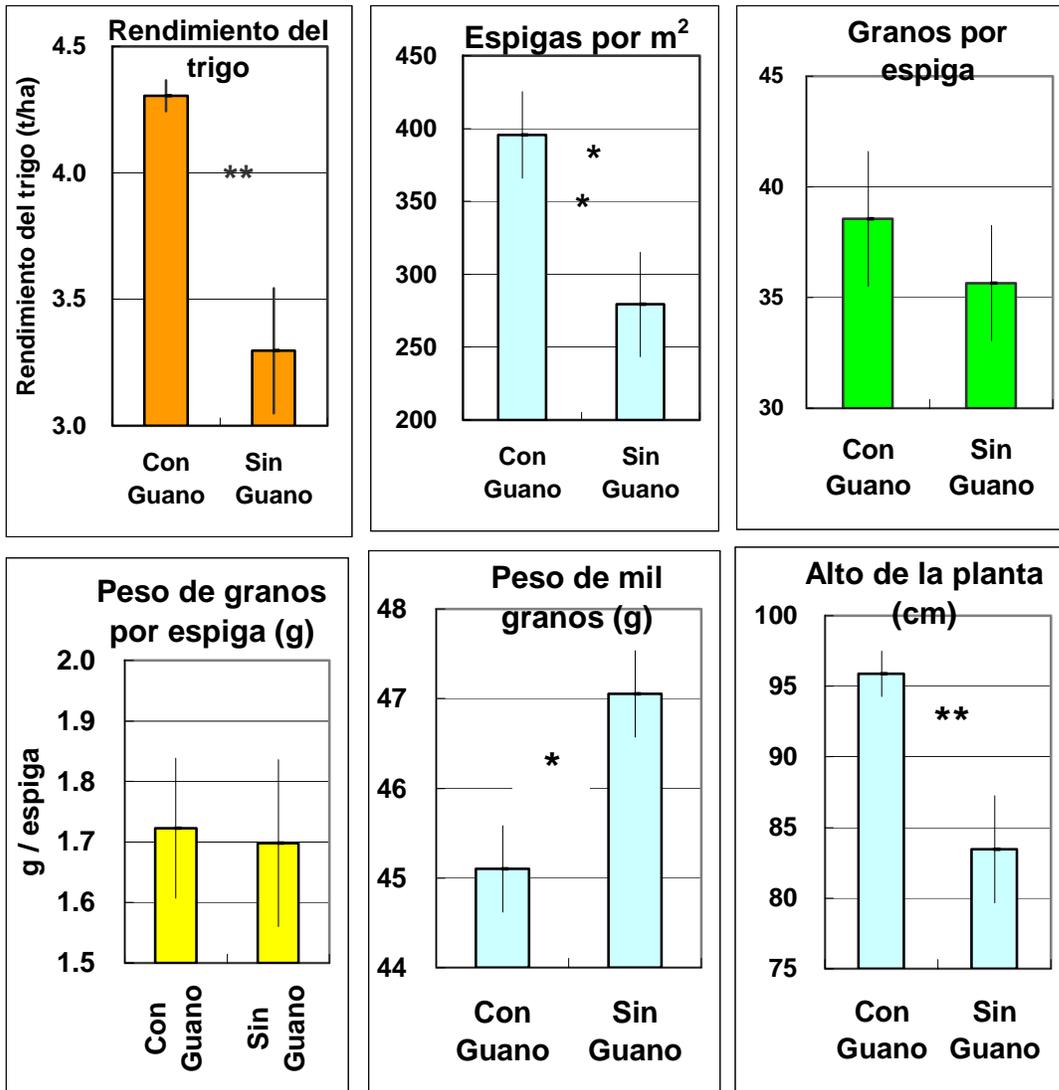


Figura 7.7. Acumulación de biomasa y absorción de nitrógeno y azufre en cultivo de trigo establecido en cero labranza con y sin guano de gallina.

El rendimiento aumenta alrededor de 1 t/ha comparando con el caso de no usar guano. Esto se debe al aumento del número de espigas y el número de granos por espiga, pero al contrario disminuye el peso de granos por espiga, y por ende el peso de mil granos (Figura 7.8.).



Nivel de Significancia: \* ; 5% > \*\*;

**Figura 7.8. Rendimiento del trigo y los elementos constitutivos del rendimiento con y sin guano de gallina, San José, Ninhue, 2003.**

Esto muestra que la aplicación de guano promueve el crecimiento inicial, pero no incide en el peso final de los granos que son muy pequeños y de bajo peso. Para mejorar el tamaño de los granos y su peso es necesario retrasar la época de fertilización adicional con nitrógeno e idealmente efectuar esta cuando el trigo esté empezando a espigar.

El aumento del rendimiento por 1 t/ha de grano de trigo significa el incremento de \$100,000 en valor. Por otro lado, el costo para la utilización de guano con el subsidio de INDAP es \$168,600, por lo tanto si el efecto no dura más de dos años este costo no es recuperable. Los estiércoles de gallinas (guano) contienen no sólo el nitrógeno sino el fósforo, el azufre y micronutrientes, siendo materiales fertilizantes integrales. En el secano interior de Chile carente de nitrógeno, ácido fosfórico, azufre y micronutrientes, la efectividad de su uso es alta, y su efecto es perdurable por más de dos años (Cuadro 7.14.).

**Cuadro 7.14. Nutrientes contenidos en el guano de broiler**

| Nutrientes | H2O *1 | M.O. | P2O5 | T-N  | NO3-N | NH4-N | K2O  | SO3  | CaO  | MgO  | B     | Cu    | Zn    | Fe    |
|------------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Unidad     | %      | %    | %    | %    | %     | %     | %    | %    | %    | %    | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| Contenido  | 36.9   | 63.2 | 3.13 | 4.93 | 0.33  | 0.06  | 45.4 | 1.06 | 2.38 | 0.84 | 48    | 53    | 408   | 1010  |

#### 7.6.6. Importancia del azufre

Un déficit de azufre incide en un crecimiento inicial del trigo de color amarillo y detenimiento del crecimiento y producción de macollas, Foto 7.5.



**Foto 7.5. Trigo con hoja amarilla**

Una deficiencia de azufre se puede confundir con daños causados por la humedad, pero si la eliminación del exceso de humedad y la aplicación de nitrógeno no cambia el color amarillo generalizado de las plantas se puede pensar que es una deficiencia de azufre. Los resultados del

análisis foliar, cuadro 7.15, indican que el origen de la amarillez proviene de una deficiencia de azufre.

**Cuadro 7.15. Contenido de elementos en el trigo con hoja amarilla**

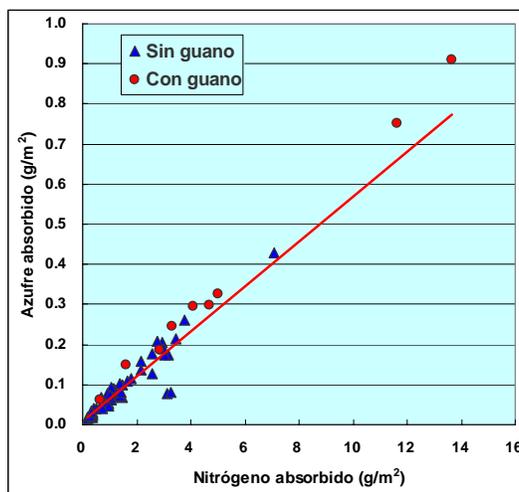
| Color de Hoja | N(%) | S(%) | P(%) | K(%) | Ca(%) | Mg(%) | Cu(ppm) | Fe(ppm) | Mn(ppm) |
|---------------|------|------|------|------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Amarilla      | 7.60 | 0.13 | 0.33 | 1.25 | 0.18  | 0.12  | 4.4     | 95      | 19.4    |
| Normal        | 3.43 | 0.21 | 0.35 | 2.62 | 0.26  | 0.12  | 8.6     | 103     | 36.6    |

En el cultivo en cero labranza, los suelos sin el tratamiento de subsolado son vulnerables por tanto lo recomendable es subsolar. Lo ideal es subsolar y aplicar guano de gallina. Esto se debe seguramente a la efectividad global de los estiércoles de gallinas (Figura 7.9.). Para evitar la falta del azufre se recomienda el uso de materiales fertilizantes con el azufre, o la aplicación del yeso (sulfato cálcico).

#### 7.6.7. Medidas técnicas para con los agricultores de bajo rendimiento

Para los agricultores con rendimientos de trigo menores de 3 t/ha, se estudiaron desde el punto de vista de los componentes del rendimiento las medidas necesarias para obtener el rendimiento de 4 t/ha, gráfico 7.9.

Cada componente del rendimiento que permitió obtener un rendimiento promedio de 4 t/ha de trigo el año 2003 se muestra en el cuadro 7.16. Las medidas técnicas se presentan en el cuadro 7.17.



**Figura 7.9. Relación entre nitrógeno y azufre absorbido a la planta del trigo (San José, 2003)**

**Cuadro 7.16. Elementos constitutivos del rendimiento de trigo de 4 ton/ha.**

| Fecha siembra | Proporción de Superficie con Buen desarrollo | Número espigas/m <sup>2</sup> | Número granos/ espiga | Peso de granos/ espiga | Peso 1000 granos (grs) | Altura plantas (cm) |
|---------------|--|-------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| 28/08/03      | 79   | 387                           | 33                    | 1,5                    | 45,6                   | 91                  |

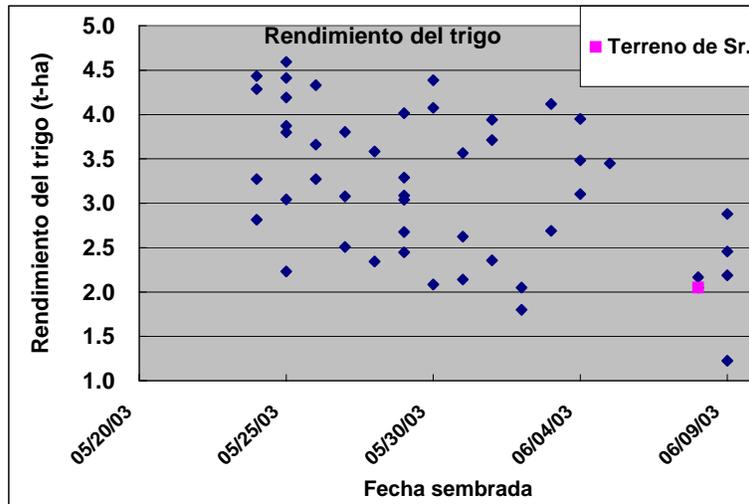
Para los agricultores de bajo rendimiento, en muchos casos la inmadurez de los granos es la causa, tales como que el número de espigas por m<sup>2</sup> es pequeño, la proporción de la superficie de buen crecimiento es baja, el peso de mil granos es pequeño, el peso de granos por espiga es exiguo, etc. Es necesario tomar medidas en especial frente a los daños causados por el exceso de humedad y la frondosidad de malezas

**Cuadro 7.17. Causa de problemas del crecimiento del trigo y las influencias posibles en los elementos constitutivos del rendimiento del trigo**

| Causa de problema de crecimiento del trigo con cero-labranza | Alta diferencia entre parte bueno y parte | Bueno% | N°de espiga / ha | N°de grano / espiga | Peso de granos / espiga | Peso de mil grano | Alto de la planta | Notas  |
|--|---|--------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--|
| Falta de la semilla sembrada o falta de la germinación       |   |        | *                |                     |                         |                   |                   |  |
| Falta de fertilizantes nitrogenados                          |   | *      | *                | *                   | *                       |                   | *                 |  |
| Exceso de humedo en el suelo                                 | *   |        | *                |                     | *                       | *                 |                   | Raíces muertas y algunas espinagas con hongo |
| Mucha mareaza  | *   |        | *                |                     |                         |                   | *                 |  |
| Falta de azufre en el suelo                                  | *   |        | *                | *                   | *                       |                   | *                 | Hoja amarilla                                |

### 7.6.8. Recomendaciones generales para los productores

Como se observa en la figura 7.10. el rendimiento del trigo disminuye a medida que se atrasa la época de siembra.



**Figura 7.10. Rendimiento de trigo en siembras de productores en San José, Ninhue, 2003**

Cada agricultor puede en un trabajo acucioso explicar su situación de producción de trigo, en el caso de éste ejemplo el desarrollo del trigo presentó (Figura 7.11):

- Escasa cantidad de espigas por hectárea y falta de altura del trigo.
- En la parte regular estaba bajo en número de espigas por ha, peso de granos por espiga y número de granos por espiga.
- Bajo peso de mil granos.

Lo anterior se debió al uso de poco fertilizante nitrogenado, suelo con exceso de humedad especialmente en parte regular, deficiencia de azufre en el suelo.

En general las recomendaciones generales son aplicar un nivel de nitrógeno de acuerdo a rendimiento esperado y aplicar oportunamente, construir y habilitar oportunamente los canales de desviación de agua y aplicar guano de gallina, sin perjuicio de cumplir con el resto de las recomendaciones para el cultivo.

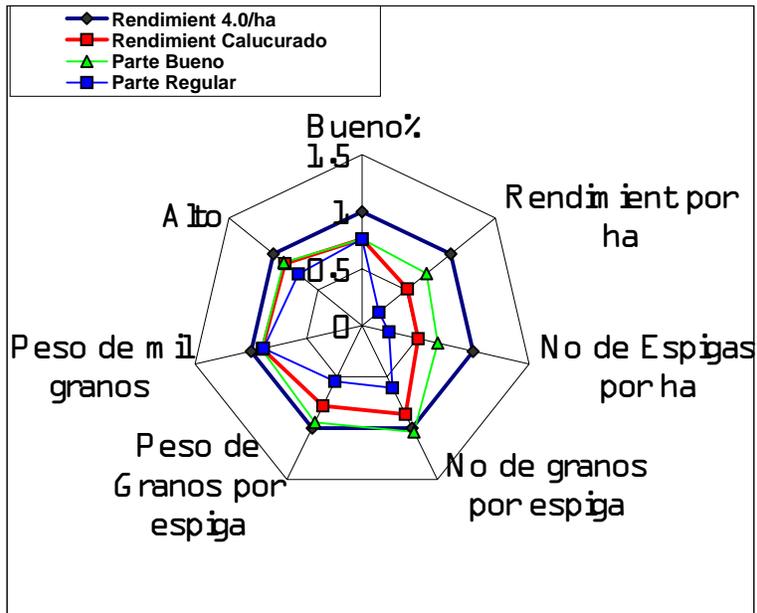


Figura 7.11. Ejemplo de componentes de rendimiento cultivo del trigo para obtener 4 t/ha y 2,2 t/ha obtenida por un productor.

## 7.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de nuevos sistemas productivos y rotación de cultivos en San José de Ninhue ha demostrado ser posible con la participación de los agricultores, las tecnologías aportadas por INIA y por JICA, y el apoyo de los instrumentos del Estado.

Se observa de acuerdo a la relación de superficies actualmente sembradas que es necesario aumentar la superficie de praderas y/o avena, leguminosas o triticales, para alcanzar la necesaria estabilidad del sistema.

Si bien es cierto INIA dispone de tecnologías para el secano interior que han permitido alcanzar los logros exhibidos, es necesario profundizar sobre algunos temas como el manejo de los rastrojos, aprovechamiento de aguas para riego y la modelación del sistema productivo de un punto de vista físico - biológico y económico que permita visualizar y afinar las utilidades y, las “fugas” que eventualmente se pueden producir.

## 7.8. BIBLIOGRAFÍA

**INIA – Quilamapu 2004.** Trigos Panaderos INIA recomendados para la zona Centro Sur de Chile. 2004 / 2005. Triptico, 3 p. Chillán, Chile.

**INIA – Quilamapu 2003.** Trigos Panaderos INIA recomendados para la zona Centro Sur de Chile. 2003 / 2004. Triptico, 3 p. Chillán, Chile.

**Mellado z, Mario 2001.** Cultivo del Trigo en el secano interior, séptima y octava región. Tierra adentro N° 37, p. 25 – 27.

**Mellado Z, Mario 1997.** Secano interior. Más nitrógeno y fósforo para el trigo, Tierra Adentro. N° 13, p. 21 – 23.

**Tay U, Juan; Fernández E, Fernando, 2003.** Leguminosas de Grano En: Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior, Boletín INIA – Instituto de investigaciones Agropecuarias N°98, p 55 – 71

**Tay U, Juan; Valenzuela S, Alfonso; Venegas R, Filomena; Cortés A, Monica, 1993.** Haba para la producción de grano seco y vaina verde, Portuguesa INIA. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu, N° 53, p 21 – 24.

**Tay U, Juan; Pedreros A, y France A, 2003.** Sistemas de producción de leguminosas de invierno. Tierra adentro 50:40 - 43

## CAPÍTULO 8

### CONTROL DE MALEZAS EN CERO LABRANZA PARA EL SECANO INTERIOR



#### **Autores**

Alberto Pedreros Ledesma

Shigehiko Yoshikawa

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

## CONTROL DE MALEZAS EN CERO LABRANZA PARA EL SECANO INTERIOR

### 8.1. INTRODUCCIÓN

Cualquier innovación en la agricultura, produce cambios en el manejo por lo que el agricultor debe estar preparado para enfrentarlos. Uno de estos cambios, que tiene como objetivo evitar la pérdida de capacidad productiva de los suelos, es la labranza conservacionista con probados efectos benéficos tanto en la economía como en el medio ambiente. Asociado a la innovación en el manejo de suelo, están los herbicidas, que tienden a aumentar su uso en los primeros años de este sistema, en especial en la cero labranza, ya que como uno de los objetivos de las labores de suelo es disminuir la presencia de malezas, se requiere una adaptación para su manejo.

Sabido es, que uno de los factores que afecta directamente el rendimiento de los cultivos, es la presencia de malezas que se definen como plantas que interfieren con los objetivos del hombre en un lugar y tiempo determinados, compitiendo por recursos como agua, nutrimentos, luz y espacio. Así, plantas que en un momento pueden competir con el cultivo y por lo tanto ser indeseables, en otro momento pueden ser beneficiosas; por ejemplo el rábano y la ballica son muy competidoras con un cultivo como trigo, pero pueden ser muy útiles para disminuir la erosión si evitan que el suelo esté desnudo durante épocas con altas precipitaciones.

### 8.2. CLASIFICACIÓN DE MALEZAS

Las malezas herbáceas se clasifican de acuerdo a su ciclo biológico para zonas templadas, en anuales, bienales y perennes.

#### 8.2.1. Malezas anuales

Corresponden a aquellas que completan su ciclo, semilla a semilla, en una temporada y se dividen en:

##### 8.2.1.1 Anuales de invierno

Germinan en otoño, florecen en primavera y mueren en verano. Entre las más importantes para el secano interior se tiene ballica (*Lolium* spp), avenilla (*Avena fatua*), cola de zorro (*Cynosurus echinatus*), vulpia (*Vulpia* spp), piojillo (*Poa annua*), bromos (*Bromus* spp), rábano (*Raphanus sativus*), bolsita del pastor (*Capsella bursa pastoris*), lengua de gato (*Galium aparine*), viola (*Viola arvensis*), manzanillón (*Anthemis cotula*).

##### 8.2.1.2 Anuales de verano

Estas germinan en primavera, florecen en verano y mueren en otoño, siendo las principales en el secano interior quinguilla (*Chenopodium album*), bledo (*Amaranthus* spp), chamico (*Datura stramonium*), hualcacho (*Echinochloa* spp) pega-pega (*Setaria* spp), pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*). Otras

especies anuales pueden ser abundantes tanto en invierno como verano dependiendo de la humedad del suelo, como sanguinaria (*Polygonum aviculare*).

### **8.2.2. Malezas bienales**

Llamadas bianuales, requieren de dos temporadas para completar su ciclo siendo el primer año un ciclo vegetativo donde acumulan reservas y forman una roseta y la segunda temporada, después que han pasado por un período de vernalización, emiten el tallo floral. Entre estas está la zanahoria silvestre (*Daucus carota*), hierba azul (*Echium* spp), cardo (*Cirsium vulgare*).

### **8.2.3. Malezas perennes**

Son las que pueden vivir más de dos temporadas, pudiendo ser simples cuando se reproducen principalmente por semillas pero son capaces de rebrotar desde la raíz o corona, como ejemplos están romaza (*Rumex crispus*), siete venas (*Plantago lanceolata*), diente de león (*Taraxacum officinalis*); mientras que las perennes complejas que son las que pueden reproducirse, además de semillas, por estructuras vegetativas como estolones (chépicas (*Cynodon dactylon* y *Paspalum distichum*)), rizomas (maicillo (*Sorghum halepense*), correhuela (*Convolvulus arvensis*)), cormos (pasto cebolla (*Arrhenatherum elatius* spp *bulbosus*), fragmentos de raíces (zarza (*Rubus ulmifolius*), correhuela (*Convolvulus arvensis*)), tubérculos (chufas (*Cyperus esculentus* y *C. rotundus*)), etc.

## **8.3. CONTROL DE MALEZAS (ANUALES)**

Desde el punto de vista de control de malezas, el problema de las anuales se origina en la alta población del banco de semillas del suelo debido a que no se ha valorado la importancia de evitar que produzcan semillas, como una forma de prevención. Jiménez (1960) encontró que el suelo del secano interior de Ñuble tenía más de 9.300 semillas de maleza/m<sup>2</sup> en su capa arable. Si a esto se suma que entre las características biológicas más importantes de las malezas es su alta capacidad de producción de semillas (Cuadro 8.1.) y su capacidad de dormancia (Cuadro 8.2.), que les permite extender su presencia en el tiempo cuando las condiciones no son adecuadas, es factible concluir que este número ha aumentado de manera significativa, más aún con la intensificación de la agricultura desde la década del 60 hasta ahora.

**Cuadro 8.1. Producción de semillas por planta de algunas malezas**

| <b>Especies</b>    | <b>Semillas por planta (n°)</b> |
|--------------------|---------------------------------|
| Avenilla           | 250; 60                         |
| Ballica            | 1.100                           |
| Hualcacho          | 7.000                           |
| Setaria            | 10.000                          |
| Bledo              | 117.000                         |
| Quinuilla          | 72.000                          |
| Ambrosia           | 15.000                          |
| Chamico            | 23.400                          |
| Bolsita del pastor | 38.500                          |
| Romaza             | 40.000                          |

Adaptado de Ross y Lembi (1985), Pedreros (2001).

**Cuadro 8.2. Sobrevivencia de algunas malezas en el suelo**

| <b>Especies</b>    | <b>Sobrevivencia de semillas (años)</b> |
|--------------------|---|
| Avenilla           | 1, 7, 10                                |
| Setaria            | 20                                      |
| Lolium temulentum  | > 1                                     |
| Hualcacho          | > 4                                     |
| Bledo              | 10, 40                                  |
| Quinuilla          | 40                                      |
| Ambrosia           | 40                                      |
| Sanguinaria        | > 50                                    |
| Bolsita del pastor | 16, 35                                  |
| Verdolaga          | 30-40                                   |

Ross y Lembi (1985), Egley y Chandler (1983)

El movimiento de suelos tiene particular influencia en la presencia de malezas, ya que la aradura ayuda a enterrar semillas y destruir parte de algunas que están en proceso de emerger. Sin embargo, esta práctica también lleva a la superficie semillas de malezas que están enterradas y en dormancia, dejándolas así expuestas a las alteraciones medio ambientales que estimulan su germinación. Así, Sullivan (2003) reporta una mayor distribución de las semillas viables en el perfil de suelo cuando se usa arado, mientras que con cincel o cero labranza, hay una mayor concentración superficial de las semillas viables (Cuadro 8.3.). Asimismo, la germinación de semillas más profundas es mayor que las superficiales cuando se llevan a la superficie, ya que han estado más protegidas, mientras que las superficiales han estado expuestas al medio ambiente, lo que es negativo para su sobrevivencia. Por este motivo, cuando se realiza una aradura profunda, hay una alta posibilidad de llevar semillas viables a la superficie.

Al cambiar de agricultura tradicional a la de conservación, hay que estar preparados para una etapa de mayor influencia de las malezas, por la falta de control que normalmente realizan las labores de suelo. Esto se produce porque muchas semillas, que antes eran enterradas, permanecen ahora en la superficie donde se ven favorecidas las especies con semillas de menor tamaño, como ballica ó vulpia, ya que

pueden germinar sin inconveniente a pesar de los residuos de la cosecha que permanecen sobre el suelo, en desmedro de especies con semilla de tamaño medio o mayor (mayor a 0,5 cm). Así, un sistema cero labranza continuo, tiende a disminuir la presencia de malezas de semillas de mayor tamaño. Si a esto se suma que año en año hay una marcada utilización de los mismos herbicidas, se produce en el tiempo, un cambio en la flora dominante de malezas donde pueden aparecer, en el peor de los casos, especies perennes o herbáceas que no son controladas por los herbicidas utilizados.

**Cuadro 8.3. Efecto del sistema de preparación de suelos en la distribución de semillas de malezas a diferentes profundidades.**

| Profundidad de suelo (cm) | Porcentaje del total de semilla (%) |        |               |
|---------------------------|-------------------------------------|--------|---------------|
|                           | Arado de vertedera                  | Cinzel | Cero Labranza |
| 0-5                       | 37                                  | 61     | 74            |
| 5-10                      | 25                                  | 23     | 9             |
| 10-15                     | 38                                  | 16     | 18            |

Adaptado de Sullivan (2003)

#### **8.4. RECOMENDACIONES PARA EL CAMBIO DE AGRICULTURA TRADICIONAL A CONSERVACIONISTA**

Cuando se cambia de agricultura tradicional a conservacionista, algunas sugerencias deben considerarse en los primeros años, para evitar aparición de problemas que puedan transformarse en algo difícil de controlar. Entre estas se debe:

1. Identificar permanente y adecuadamente las malezas.
2. Aplicar los herbicidas en el momento adecuado para el control más exitoso.
3. Revisar periódicamente las siembras para diferenciar especies de malezas que siempre han estado, de las especies que están aumentando su importancia.
4. Aplicar herbicidas específicos para controlar malezas perennes o herbáceas sólo en las manchas o sectores que están presentes, para evitar así su diseminación.
5. Conocer el momento óptimo de aplicación de herbicidas para cada especie. Por ejemplo las malezas perennes requieren de cierto estado de desarrollo para absorber suficiente producto para translocarlo a órganos de acumulación.
6. Revisar continuamente los bordes de los potreros y cercos, manteniéndolos libres de malezas agresivas que potencialmente puedan invadir al cultivo.
7. Distribuir el rastrojo de manera uniforme al momento de la cosecha.
8. Evitar el uso del mismo tratamiento herbicida todos los años. Mezclar herbicidas durante la rotación de cultivos, eligiendo con diferente modo de acción.

Una importante meta del manejo de malezas en cero labranza es disminuir en el tiempo el uso de herbicidas. Para esto hay que considerar dos metas: el impedir la formación de semillas de las malezas anuales, para disminuir el aporte al banco del suelo, y agotar las reservas de las malezas perennes. Como no es factible controlar malezas con la preparación de suelo tradicional, adquieren relevancia los controles cultural y químico y el uso de herramientas para cortar las malezas anuales antes que produzcan semillas.

Por control cultural se entiende cualquier labor que indirectamente favorezca un desarrollo rápido y vigoroso del cultivo para que pueda competir con las malezas. Entre las labores más importantes se considera:

- ❖ adecuada rotación de cultivos,
- ❖ elección de una variedad apta para la zona
- ❖ uso de semilla certificada o que asegure la pureza varietal,
- ❖ sembrar semilla desinfectada y a una profundidad adecuada,
- ❖ época de siembra de acuerdo a las condiciones de clima, suelo y variedad seleccionada,
- ❖ fertilización según análisis de suelo,
- ❖ evitar excesos o estrés hídrico, y
- ❖ ausencia de plagas y enfermedades.

Cualquier labor que disminuya la población o debilite al cultivo, facilitará una invasión por malezas, mientras que las labores bien realizadas incrementarán la habilidad competitiva del cultivo y ahogará así, muchas malezas.

## **8.5. SELECCIÓN DE HERBICIDAS**

Los herbicidas son productos que controlan selectivamente las malezas sin dañar al cultivo, pero deben aplicarse en dosis precisas y épocas determinadas, por lo que es fundamental conocer el efecto de cada uno y tener experiencia de su aplicación en terreno respecto a la calibración de los equipos. Así, el éxito del control químico de malezas depende de una serie de factores tales como:

- a) De las especies y la densidad de malezas asociadas al cultivo para determinar con exactitud el o los herbicidas al estado de desarrollo preciso.
- b) De los factores ambientales, ya que los herbicidas post emergentes dependen de factores climáticos.
- c) De los factores edáficos, es decir las características físicas y químicas del suelo (textura, materia orgánica, pH, humedad, etc.), que son importantes sobre el efecto residual de los herbicidas suelo-activos.

- d) De los equipos adecuados (pulverizadoras, boquillas) y bien calibrados, para asegurar una aspersión exacta y uniforme. Esto significa evitar el uso de la bomba de espalda con sólo una boquilla y aplicando con movimientos laterales ya que la aplicación es poco uniforme.

En términos generales, existen tres épocas de aplicación de herbicidas con respecto al estado de desarrollo de las plantas y/o malezas: antes de la siembra, de preemergencia (PRE) y de postemergencia (POST).

#### **8.5.1. Herbicidas antes de la siembra**

En el caso de la cero labranza, los herbicidas reemplazan a la preparación de suelos por lo que la preparación química de suelo, es imprescindible. Se recomiendan productos no selectivos aplicados al follaje de las malezas, para controlar las malezas ya emergidas. Los más utilizados corresponden a Glifosato y Sulfosato para malezas anuales y perennes y a base de Paraquat y/o Diquat para malezas anuales, siendo todos ellos inactivados de forma rápida en el suelo. Las malezas anuales deben controlarse cuando están en los primeros estados de desarrollo, mientras que las perennes requieren cierto desarrollo para que se absorba suficiente producto como para translocar. Estos herbicidas pueden aplicarse hasta el mismo día de la siembra, sin embargo las malezas perennes que son removidas por la máquina sembradora no serán controladas ya que un estrés impedirá una adecuada translocación hacia los órganos subterráneos. Por tal motivo se recomienda aplicarlos días antes de la siembra e incluso días después, pero antes que emerja el cultivo. Algunas malezas de hoja ancha, como rábano, tréboles, siete venas y las de la familia asteraceae, que tienen un mayor estado de desarrollo al momento de usar Glifosato o Sulfosato, pueden no ser bien controladas, por lo que se recomienda desmanchar estos sectores con otro herbicida, por ejemplo a base de Paraquat. Algunas recomendaciones de mezclas con hormonales, pueden no ser aconsejables en el secano interior ya que el bajo contenido de materia orgánica del suelo y la lenta degradación de algunos de estos herbicidas, puede dañar al cultivo aunque se apliquen con anticipación.

#### **8.5.2. Herbicidas pre emergentes**

Son aquellos que se aplican inmediatamente después de la siembra, pero antes que emerjan cultivo y malezas. Este tipo de herbicidas interactúa con el suelo por lo que, si existen champas de pasto, el herbicida no tendrá un contacto adecuado con el suelo. En el caso de trigo, no son recomendados para el secano interior por el bajo contenido de materia orgánica de los suelos, sin embargo, pueden usarse en arveja y lenteja, considerando que la selectividad es posicional y un exceso de precipitación en suelos con bajo contenido de materia orgánica, puede producir fitotoxicidad en el cultivo.

Para utilizar estos herbicidas, hay que conocer bien las especies de maleza que emergen en un potrero ya que son preventivos y actúan durante la emergencia de ellas. Usados adecuadamente, el cultivo

puede emerger sin competencia; sin embargo, son más usados en suelos en que es difícil una aplicación de post emergencia.

### **8.5.3. Herbicidas post emergentes**

Son aquellos que se aplican después de la emergencia del cultivo y malezas lo que representa una ventaja ya que se puede aplicar aquellos que controlan las especies ya emergidas e identificadas. En este grupo está la mayoría de los herbicidas usados en trigo, y los que controlan malezas gramíneas en leguminosas. Por su interacción con el clima, no se recomienda su aplicación si se esperan precipitaciones en las próximas 3 a 4 horas.

Para el caso de trigo, hay herbicidas que controlan sólo malezas de hoja ancha, sólo malezas gramíneas o los que controlan ambos tipos de malezas, siendo estos últimos, los de mayor precio. Sin embargo, además del mejor espectro de control, hay un pasada menos de tractor. La decisión de cuál herbicida usar dependerá de las especies de malezas a controlar, el precio del producto y el rendimiento esperado.

El primer paso es identificar las malezas para elegir un herbicida que controle el mayor número en cada situación, evitando así una decisión basada en el precio del herbicida. Así, en trigo es factible controlar latifoliadas u hoja ancha, gramíneas u hoja angosta o ambos tipos. Decidir esto puede diferir en áreas cercanas e incluso dentro de un mismo potrero, ya que las malezas son una respuesta al medio y la humedad del suelo es determinante en la mayor o menor presencia de algunas especies. Así, en un mismo potrero puede haber sectores con dominancia de gramíneas y otro sector con prevalencia de hoja ancha, por lo que la decisión será diferente para cada caso.

### **8.5. 4. Herbicidas para malezas de hoja ancha**

Numerosas son las malezas de hoja ancha que se presentan en el trigo siendo las más comunes las familias brasicáceas o crucíferas (rábano) y las poligonáceas (duraznillo, sanguinaria, vinagrillo). Las primeras son bien controladas por herbicidas hormonales tipo MCPA, 2,4-D. Sin embargo, para el segundo grupo se debe agregar otro hormonal, tipo Dicamba, o agregar una Sulfonilurea, como Metsulfuron-metil. Esta última mezcla tiene un mayor espectro de control y cierta efectividad vía suelo. En el Cuadro 8.4, se indican algunos herbicidas y su efecto en las malezas de hojas ancha más comunes en trigo, considerando las dosis comerciales recomendadas en la etiqueta (Foto 8.1.).

Lo esperable es que el trigo emerja primero que las malezas, pero si estas emergen temprano, debe elegirse un producto que se pueda aplicar desde los primeros estados del trigo, como las Sulfonilureas. Sin embargo, herbicidas hormonales como MCPA, 2,4-D ó Dicamba, deben aplicarse desde inicios de macolla del trigo. Al mezclar herbicidas, la época de aplicación de la mezcla está dada por el herbicida más restrictivo, es decir si se mezcla por ejemplo MCPA + Metsulfuron, debe aplicarse desde inicios de macolla a pesar que el trigo tolera a la Sulfonilurea desde 2-3 hojas.

**Cuadro 8.4. Principales malezas de hoja ancha y susceptibilidad relativa a algunos herbicidas recomendados en trigo.**

|                    | MCPA | +<br>MCPA<br>Dicamba | +<br>MCPA<br>Metsulfuron<br>metil | Triasulfuron | Iodosulfuron |
|--------------------|------|----------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|
| Arvejilla          | S    | S                    | MS/S                              | S            | MS           |
| Belardia           | T    | T                    | S                                 | *            | MS           |
| Diente de León     | S    | S                    | S                                 | MS           | S            |
| Duraznillo         | T    | S                    | S                                 | MS           | S            |
| Hierba del chancho | S    | S                    | S                                 | MS           | S            |
| Lengua de gato     | T    | T                    | T                                 | T/MT         | S            |
| Manzanillón        | MT   | S                    | S                                 | S            | S            |
| Pasto pinito       | MT   | S                    | S                                 | S            | S            |
| Rábano             | S    | S                    | S                                 | S            | S            |
| Sanguinaria        | T    | S                    | S                                 | T            | S            |
| Siete venas        | MS   | MS                   | S                                 | MS           | MS           |
| Verónica           | T    | T                    | MS                                | T            | MT           |
| Vinagrillo         | T    | S                    | S                                 | MT/MS        | S            |
| Viola              | T    | MT                   | MT                                | MT           | S            |

Entre las numerosas gramíneas que se presentan en una sementera, las más comunes corresponden a avenilla y ballica anual, que aún en bajas poblaciones, especialmente avenilla, son capaces de reducir el rendimiento de trigo de manera significativa (Foto 8.2.). La falta de control de malezas gramíneas y el eficiente control de las latifoliadas en el trigo, se ha traducido en que las gramíneas han aumentando su importancia ya que las plantas no controladas tienen menos competencia y por lo tanto una alta producción de semillas que cae al suelo. Esto hace que el banco de semillas del suelo tenga gran presencia de estas especies. Investigaciones realizadas por INIA-Quilamapu durante varios años, indican aumentos de rendimiento de 12 qq/ha, por el solo hecho de controlar malezas gramíneas y de más de 22 qq/ha por control total de malezas (Cuadro 8.5.). Este mayor rendimiento, que justifica plenamente la inversión a pesar del precio, es posible cuando ha existido un manejo óptimo para el cultivo, en que el herbicida es sólo una parte de las recomendaciones que potencian el rendimiento.

**Cuadro 8.5. Efecto de alternativas de control de malezas en el rendimiento (qqm/ha) de trigo en el secano interior**

| Tratamientos                     | Rendimiento (qqm/ha) (1) |
|----------------------------------|--------------------------|
| Sin control de malezas           | 32.0                     |
| Control de malezas gramíneas     | 45.4                     |
| Control de malezas de hoja ancha | 45.4                     |
| Control total                    | 54.1                     |

(1) Promedio de Ninhue (CADEPA) y Cauquenes, promedio 2 años.



**Foto 8.1. Trigo cero labranza sin herbicida para malezas de hoja ancha.**



**Foto 8.2. Trigo espigado con abundante población de ballicas no controladas.**

### 8.5.5. Herbicidas para control total de malezas

El aumento de rendimiento por control de malezas, determina que el uso de herbicidas sea plenamente justificable, aunque parezca una inversión alta. Para esto se puede elegir una mezcla de herbicidas que permitan una sola aplicación o elegir herbicidas que sean capaces de controlar ambos tipos de malezas o realizar aplicaciones secuenciales separadas por 5 a 7 días si los herbicidas son antagonistas, como ocurre cuando se incluye algún herbicida hormonal (MCPA, 2,4-D, Dicamba, Picloram) en la mezcla. La actual recomendación es usar un herbicida que permita el mejor control, que incluya malezas de hoja ancha y gramíneas, e incluya el control de aquellas que han presentado resistencia a los herbicidas más antiguos, como el caso de avenilla y ballica anual. Sin embargo, para un eficiente control es necesario que las malezas estén en sus primeros estados de desarrollo ya que si las gramíneas han pasado el estado de macolla, este control disminuye. Por otra parte, cualquier estrés que tenga el cultivo al momento de la aplicación, como exceso o falta de humedad, puede producir una clorosis pasajera en el trigo, que desaparece a los días después, sin que se produzca efecto negativo en el rendimiento. En el Cuadro 8.6, se indica una susceptibilidad relativa de las principales malezas gramíneas a herbicidas recomendados en trigo.

Ante los numerosos herbicidas para los cultivos recomendados en el secano interior, se adjunta en los Cuadros 8.7, 8.8, y 8.9, un listado con los nombres comerciales para cada ingrediente y distribuidor en Chile de cada producto.

**Cuadro 8.6. Susceptibilidad de algunas malezas gramíneas a herbicidas para trigo.**

| Ingrediente activo              | Nombre Comercial (1) | Avenilla | Ballica | Cola de zorro | Piojillo | Vulpia |
|---------------------------------|----------------------|----------|---------|---------------|----------|--------|
| Clodinafop propargil + antídoto | Topik                | S        | S       | S             | T        | T      |
| Diclofop metil                  | Iloxan, Cascabel     | S        | S       | T             | T        | T      |
| Dicofop metil + Fenoxaprop etil | Iloxan plus          | S        | S       | T/MT          | T        | T      |
| Iodosulfuron                    | Hussar               | MS/S     | S       | T             | S        | T      |
| Flucarbazone sódico             | Vulcano              | MS/S     | MS/S    | MS/S          | s.i.     | MT/MS  |

S: 91-100% Control; MS: 81-90% control; MT: 71-80% Control; T: Control < 70%; s.i. sin información  
 (1) Mención de un producto comercial no necesariamente significa recomendación de INIA sobre otros que puedan existir en el mercado. Para el buen cumplimiento de estos datos, utilizar las recomendaciones dadas en la etiqueta para cada herbicida

**Cuadro 8.7. Productos comerciales disponibles para algunos herbicidas recomendados para preparación química del suelo.**

| HERBICIDAS ANTES DE LA SIEMBRA |                  |              |                                      |
|--------------------------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| NOMBRE COMUN                   | NOMBRE COMERCIAL | DISTRIBUIDOR | OBSERVACIONES                        |
| Glifosato                      | Atila            | NUFARM       | Antes de siembra.                    |
|                                | Baundap          | MABRUK       | Anuales y perennes                   |
|                                | Glifos 480 SL    | BAYER        |                                      |
|                                | Glifosato Atanor | DUPONT       |                                      |
|                                | Glifosato Dupont | DUPONT       |                                      |
|                                | Glifosato UAP    | UAP          |                                      |
|                                | Glifospec 480 SL | AGROSPEC     |                                      |
|                                | Glyphogan 480 SL | MAGAN        |                                      |
|                                | Orbe             | BASF DOW     |                                      |
|                                | Panzer           | DOW          |                                      |
|                                | Polado           | MOVIAGRO     |                                      |
|                                | Potro            | MOVIAGRO     |                                      |
|                                | Rango 480 SL     | ANASAC       |                                      |
|                                | Roundup          | MOVIAGRO     |                                      |
|                                | Roundup Full     | MOVIAGRO     |                                      |
| Roundup Max                    | MOVIAGRO         |              |                                      |
| Diquat                         | Reglone          | SYNGENTA     | Antes de siembra. Malezas anuales    |
| Paraquat                       | Gramoxone super  | SYNGENTA     | Antes de siembra. Malezas anuales    |
|                                | Paramak          | ANASAC       |                                      |
|                                | Paraquat-plus    | UAP          |                                      |
| + diquat                       | Farmon           | SYNGENTA     |                                      |
| Sulfosato                      | Touchdown        | SYNGENTA     | Antes de siembra. Anuales y perennes |

**Cuadro 8.8. Herbicidas para control post emergente de malezas en trigo del secano interior.**

| HERBICIDAS DE POST EMERGENCIA  |  |   |  |
|--------------------------------|--|---|--|
| NOMBRE COMUN                   | NOMBRE COMERCIAL   | DISTRIBUIDOR  | OBSERVACIONES  |
| MCPA                           | MCPA 400 sal K<br>MCPA 750 Amina<br>U-46 M Fluid<br>MCPA 750 AE<br>MCPA 750 SL<br>MCPA 750 SL<br>MCPA 750 SL   | AVENTIS<br>BASF<br>BASF<br>MOVIAGRO<br>UAP<br>ANASAC<br>MOVIAGRO          | Post emergencia, hoja ancha,<br>Trigo 4 hojas en adelante                    |
| 2,4-D                          | 2,4-D 480<br>2,4-D Amina 480<br>2,4-D Amina 720<br>Arco 2,4-D480 SL<br>DMA -6<br>Low Vol 4 Weed Killer<br>Marks 2,4-D<br>Weed Rhap 720<br>U-46 D Fluid 720 | UAP<br>DUPONT<br>SOLCHEM<br>ANASAC<br>DOW<br>UAP<br>ANASAC<br>UAP<br>BASF | Post emergencia, hoja ancha, trigo<br>desde inicios de macolla               |
| Dicamba                        | Banvel 480<br>Caiman 70 WG   | SYNGENTA<br>SYNGENTA  | Post emergencia, hoja ancha, trigo<br>desde inicios de macolla               |
| Metsulfuron metil              | Ally<br>Ajax 50 PE<br>Ajax 50 WP<br>Aliado<br>Kayak DF 60%<br>Sulfumet<br>Combo  | DU PONT ANASAC<br>ANASAC<br>MOVIAGRO<br>DUPONT<br>UAP<br>DOW              | Post emergencia<br>Hoja ancha<br>Trigo desde 3 hojas                         |
| Triasulfuron                   | Logran   | SYNGENTA  | Post emergencia, Hoja ancha,<br>Trigo desde 3 hojas                          |
| Clodinafop propargil           | Topik 240  | SYNGENTA  | Post emergencia, gramíneas trigo<br>desde 3 hojas                            |
| Diclofop metil<br>+ Fenoxaprop | Iloxan<br>Cascabel<br>Iloxan plus  | AVENTIS<br>ANASAC<br>AVENTIS  | Post emergencia, gramíneas<br>trigo desde 3 hojas                            |
| Iodosulfuron                   | Hussar   | BAYER   | Post emergencia, gramíneas y<br>hoja ancha. Trigo desde 3 hojas.             |
| Flucarbazone sódico            | Vulcano  | BASF  | Post emergencia Gramíneas y<br>algunas de hoja ancha.<br>Trigo desde 3 hojas |

**Cuadro 8.9. Herbicidas para control de malezas en leguminosas de grano.**

| NOMBRE COMÚN                             | NOMBRE COMERCIAL   | DISTRIBUIDOR                         | OBSERVACIONES   |
|--|--|--------------------------------------|---|
| <b>CONTROL DE HOJA ANCHA</b>             |  |                                      |   |
| Bentazon                                 | Basagran<br>Basagran 600<br>Bentax                             | BASF<br>BASF<br>ANASAC               | Post emergencia de arvejas, 3 <sup>er</sup> nudo.   |
| Linuron                                  | Afalon<br>Linurex  | AVENTIS<br>MAGAN                     | Pre emergencia arveja, lenteja. Controla algunas gramíneas  |
| Metabenzthiazuron                        | Tribunil   | BAYER                                | Pre emergencia lenteja y arveja. Controla algunas gramíneas   |
| <b>CONTROL DE HOJA ANCHA Y GRAMÍNEAS</b> |  |                                      |   |
| Simazina                                 | Simanex<br>Simazina 500 F<br>Simazina 500 FW<br>Simazina S 500 | ANASAC<br>MOVIAGRO<br>DOW<br>SOLCHEM | Pre emergencia, evitar suelos con materia orgánica < 2%.  |
| <b>CONTROL DE GRAMÍNEAS</b>              |  |                                      |   |
| Pendimetalin                             | Herbadox   | BASF                                 | Pre emergencia arveja, No en suelos con < 2% materia orgánica o arenosos. Controla algunas de hoja ancha. |
| Clethodim                                | Centurion 240<br>Centurion Super                               | MOVIAGRO<br>MOVIAGRO                 | Post emergencia   |
| Propaquizafop                            | Agil   | SYNGENTA                             | Post emergencia   |
| Haloxifop metil                          | Galant Plus R  | DOW                                  | Post emergencia   |
| Quizalofop etil                          | Flecha   | ANASAC                               | Post emergencia   |
| Quizalofop-p-etil                        | Assure plus  | DUPONT                               | Post emergencia   |
| Quizalofop-p- tefuril                    | Pantera Plus   | BASF                                 | Post emergencia   |
| Fluazifop p butyl                        | Hache uno 2000   | BAYER                                | Post emergencia   |
| Sethoxidim                               | Poast  | BASF                                 | Post emergencia   |

## 8.6. CONCLUSIONES

Los herbicidas, son un complemento a otras prácticas culturales recomendadas para cada cultivo, por lo que su uso dependerá del rendimiento esperado.

El uso de herbicidas de amplio espectro de control de malezas, es plenamente justificable cuando ha existido un manejo que permita esperar alto rendimiento.

La decisión final de qué herbicida o mezcla de herbicidas es más conveniente, depende de cada situación en particular y no necesariamente será el mismo problema para todos los agricultores de una misma área, e incluso las malezas pueden cambiar entre predios vecinos o dentro de un potrero. Cada agricultor debe conocer su predio y saber qué especies de maleza son las más importantes y las más numerosas, por lo tanto las que conviene controlar.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Egley , G. and J. Chandler. 1983. Longevity of weed seeds after 5.5 years in the Stoneville 50 years buried-seed study. *Weed Science* 31: 264-270.

Matthei O. 1995. Manual de las Malezas que Crecen en Chile. Alfabeta Impresiones. Santiago, Chile. 545 p.

Mellado Z., M. ; Pedreros L., A. 1995. Control de malezas y fertilización en el cultivo de trigo. *Tierra Adentro* 3: 30-33.

Pedreros L., A. 1989. Consideraciones sobre el control químico de malezas en trigo. *Investigación y Progreso Agropecuario IPA-Quilamapu* 41:3-7.

Pedreros L., A. 1991. Control de malezas gramíneas en trigo. *IPA Quilamapu* 48:8-12.

Pedreros L., A. 2001. Efecto de avenilla (*Avena fatua* L.) y ballica (*Lolium multiflorum* Lam.) en el rendimiento de trigo en dos áreas agroecológicas. *Agricultura Técnica (Chile)* 61:294-305.

Ross, M. and C. Lembi. 1985. *Applied Weed Science*. Macmillan Publishing Company. NY, USA, 340 pág.

Sullivan, P. 2003. *Principles of Sustainable Weed Management for Croplands*. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. Fayetteville, AR, USA. 15 pp.

Tay, J., A. Pedreros y A. France. 2003. Sistemas de producción de leguminosas de invierno. *Tierra Adentro* 50:40-43.

## CAPÍTULO 9

### SISTEMAS AGROFORESTALES UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.



Autores

Fernando Fernández Elgueta

Shigehiko Yoshikawa

Consultores Técnicos

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

# **SISTEMAS AGROFORESTALES**

## **UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.**

### **9.1. INTRODUCCIÓN**

Los bosques, praderas y cultivos son indispensables para la humanidad, a través de sus funciones ecológicas constituyen la base de la vida en el planeta protegiendo los suelos, agua y sirviendo de hábitat para animales, aves, plantas y el ser humano, proporcionándoles recursos esenciales como madera, alimentos, forraje, medicina y recreación. En algunos casos también son recursos de gran importancia para la vida diaria y bienestar de algunos grupos sociales.

La vegetación natural del secano interior antes de la conquista, era un denso matorral formado por especies de hoja dura como boldo, patagua, roble, maiten, y otros. La intervención humana en los últimos 500 años, ha artificializado fuertemente este ecosistema, presentando en la actualidad un gran deterioro con muy pocas especies arbóreas y herbáceas y una vegetación naturalizada de baja productividad, que es utilizada en agricultura y ganadería de secano; y lo más preocupante, es que suelos con una clara vocación forestal siguen siendo cultivados acrecentando con ello la pérdida de suelo por el proceso erosivo.

Sin embargo, el futuro debe mirarse con optimismo, pues se han estudiado formas de enfrentar este problema, que integra nuevas maneras de sembrar, otras formas de ordenar la explotación de los predios y de combinar los cultivos que han tenido un buen comportamiento en la zona.

### **9.2. SISTEMA AGROFORESTALES**

Al crecimiento simultáneo de árboles o arbustos en la misma unidad de tierra con cultivos anuales o praderas, o en alguna forma de sucesión espacial, se le denomina sistema agroforestal, las especies arbóreas más utilizadas en el área son pino y eucaliptus que también pueden usarse en este sistema, pero también pueden utilizarse otras especies que tienen buen comportamiento en el área como fresno, alcornoque, acacio, quillay, boldo y algunas acacias. En relación a cultivos esta el trigo, leguminosas de grano como arveja, haba, lenteja, chicharo y lupino y praderas sobre todo en sectores de mayor pendiente. En este capítulo se describirán algunas de estas especies arbóreas, su uso y algunas norma básicas para su establecimiento; en el caso de cultivos y praderas solo se mencionará someramente, pues han sido tratados extensamente en otras publicaciones ( Fernández et al, 2003; Ruiz et al, 2003; Tay y Fernández, 2003) .

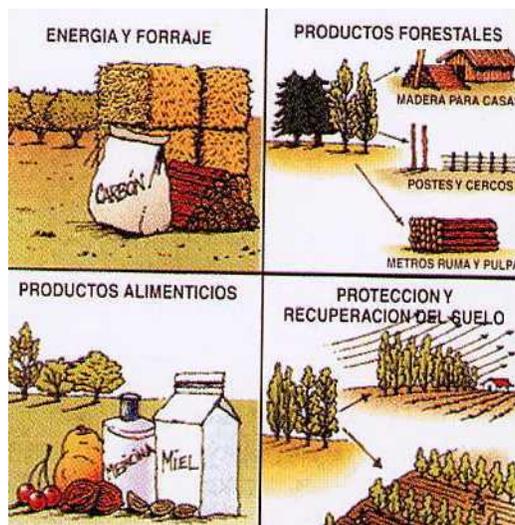
### 9.3. EFECTO DEL ÁRBOL Y LA PRADERA

Cuando no hay árboles ni praderas cubriendo el suelo, la lluvia lo golpea directamente en lugar de gotear gradualmente desde las ramas y caer suavemente sobre la pradera, disminuyendo de esta manera el impacto del agua sobre el suelo, favoreciendo su infiltración, y evitando el posterior arrastre del suelo, disminuye la fuerza del agua, esto se ve favorecido por las raíces de los árboles que retienen el suelo (Figura 3.4.1) siendo este uno de los mas notables efectos de estos sistemas de producción.



**Figura 9.1. Raíces sosteniendo el suelo**

A su vez, este sistema proporciona bienes como madera, combustible (leña y carbón), postes, estacas, vigas, forraje, hongos, flores mielíferas (Figura 3.4.2) y servicios que a veces pasan desapercibidos y que son de gran importancia como es favorecer la belleza del paisaje, proteger el medio ambiente, recuperar dunas, cárcavas, mejorar el microclima, crear barreras ambientales como cortavientos, aislantes del sonido y polvo, mantener la flora y fauna silvestre.



**Figura 9.2. Uso de los productos forestales (INFOR)**

La interacción de los árboles con la pradera va produciendo múltiples efectos, los más importantes se refieren **al clima** puesto que regula la intensidad de luz, temperatura y humedad del suelo, esto junto con disminuir la velocidad del viento favorece el crecimiento de las plantas; **en el suelo**, aumenta la materia orgánica al descomponerse la hojarasca, aumentan los niveles de nitrógeno cuando se utilizan especies leguminosas ejemplo acacias, tagasaste, y mejora aspectos físicos como estructura y porosidad; **en la pradera**, se mejora la composición botánica, la producción sobre todo bajo la copa de los árboles y se alarga el período de utilización de la pradera ya que por un lado provoca una germinación más temprano de las especies anuales luego de las primeras lluvias de otoño y atrasa unos días el marchitamiento a finales de la primavera tanto de especies anuales como perennes, dependiendo de la densidad de árboles utilizada, **el animal**, se ve favorecido por la sombra, sobre todo durante el verano el calor restringe por ejemplo el crecimiento de los corderos; la reducción de la temperatura contribuye a mejorar la reproducción y conversión de los alimentos disminuyendo el gasto de energía, además, el hecho de usar árboles leguminosos aporta proteína en hojas y fruto lo que favorece la dieta de praderas cuyas especies dominantes son pastos toscos; un aporte muy importante de los animales es consumir el forraje minimizando el riesgo de incendios, por otro lado realizan un gran aporte de nutrientes a través de fecas y orina, sin embargo hay que tener cuidado con los animales por el daño que pueden hacer en árboles jóvenes y el sobrepastoreo de las praderas.

#### **9.4. CULTIVOS Y PRADERAS**

Para establecer un sistema agroforestal, se debe considerar la vocación natural del suelo, ya que los cultivos se deben sembrar idealmente en suelos con una pendiente no mayor de un 15-18 %, en este caso las especies a utilizar dependerán de las preferencias del productor pero si en una rotación

adecuada, y serán algunos de los ya mencionados anteriormente (trigo y leguminosas de grano) en combinación con árboles; en suelos con una pendiente mayor a esos valores, es decir entre 15 y 20 % se pueden establecer sistemas silvopastorales, que es donde se combinan árboles y praderas, ya sea natural mejorada mediante fertilización o sembrada, en este último caso las especies a usar son un mezcla de hualputra, trébol subterráneo, trébol balansa y ballica italiana dependiendo si existe o no ballica naturalizada en el suelo, lo que es bastante común en muchos casos.

## 9.5. ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO

Dentro de las especies de interés y que tiene un buen comportamiento en la zona se encuentra quillay, boldo, acacio, aroma australiano, aroma chileno, fresno y alcornoque, estas dos últimas especies ya fueron tratadas en publicación anterior (Fernández *et al.*, 2003), por tanto se abordarán solamente las otras.

### 9.5.1. Quillay, *Quillaja saponaria* Mol.

Árbol endémico de Chile, siempreverde, que alcanza hasta 15 m de altura y más de 1 m de diámetro. Las hojas son duras, glabras, de color verde claro y su fruto es una cápsula leñosa con forma de estrella de cinco punta (Figura 3.4.3). Se distribuye desde Limari hasta Bío-Bío, en la zona costera, valle central y zona andina, se adapta a climas secos y cálidos. Tradicionalmente se ha explotado su corteza pues contiene saponina que es usada en jabones, cosméticos, productos para el cabello y la piel, pero este ingrediente también se encuentra en toda la planta por lo que se puede aprovechar el árbol completo (Rodríguez *et al.*, 1983).



Figura 9.3. Quillay, *Quillaja saponaria* Mol.

### 9.5.2. Boldo, *Peumus boldus* Mol.

Este árbol puede alcanzar hasta 20 m de altura de tronco corto, corteza gris y hojas con aroma característico y siempreverde (Figura 3.4.4), se distribuye desde la provincia de Limari hasta la de Osorno, es resistentes a ambientes secos. Es la especie medicinal chilena más difundida por el mundo, por su principio activo, la boldina que tiene efecto contra enfermedades del hígado, cálculo biliares, quita

jaquecas y cefaleas, ayuda a digestión, reconforta los nervios, es antirreumática y estimulante (Hoffmann et al,1992).



**Figura 9.4. Boldo, *Peumus boldus* Mol.**

### **9.5.3. Acacio, *Robinia pseudoacacia* Mol**

Es una especie asilvestrada en nuestro país y que se encuentra desde la región de Tarapaca hasta la de Los Lagos. Es una árbol de 20-30 m de altura de copa ancha y tronco corto muy fisurado, sus ramas jóvenes son espinosas, hojas que caen durante el invierno, de color verde intenso en el haz y algo grisáceos en el envés, flores en racimos colgantes de 10-20 cm de longitud, con la corola de color blanco y una mancha amarilla, muy olorosas y visitadas por las abejas (Figura 3.4.5), su madera es de buena calidad, de color castaño verdoso, brillo hermoso suave y veteado, lo que la hace apta para tableros y fibra de calidad, muy resistente a la humedad y la pudrición lo que también la hace apta para postes de galpones, durmientes de puentes, estacas y polines de viñedos y huertos, muebles de exterior, leña, y ser usada para control de erosión y recuperación de suelos, sus hojas también aportan forraje a través del ramoneo de los animales (Benedetti et al, 2002).



**Figura 9.5. Acacio, *Robinia pseudoacacia* Mol**

**9.5.4. Aromo australiano, *Acacia melanoxylon***

Especie originaria de Australia, especie siempreverde, flores blanca (Figura 3.4.6) alcanza una altura entre 10 y 30 m con diámetros de tronco que fluctúan de 50 a 80 cm, de rápido crecimiento, no requiere de mucha agua, se adapta bien a distintas condiciones de suelo, creciendo en semisombra. Presenta un copa amplia, de forma globosa, con follaje tupido. Su fuste es recto, corteza de color café a gris oscuro y el color de su madera varía en color y tonos, desde amarillo, café rojizo, hasta casi negro, de alto valor una vez aserrada que se usa en muebles, chapas, piso, tornería, instrumentos musicales, remos, tornería, estructuras de embarcaciones y leña.



**Figura 9.6. Aromo australiano, *Acacia melanoxylon***

#### 9.5.5. Aromo chileno, *Acacia dealbata* Link

También originario de Australia, follaje perenne de color plateado, de buen crecimiento y adaptabilidad en suelos degradados, alcanza alturas entre 25 – 30 m con diámetro de tronco de 25 a 35 cm, corteza de color café negruzco y su copa es bien desarrollada, cónica o redondeada. Su madera es de alta propiedad pulpable, es recomendada para contener dunas o reforestar cárcavas o suelos muy pobres por su rusticidad, es la primera especie en florecer en el secano por lo que es muy apetecida por abejas (Figura 3.4.7), además puede ser usada para fabricación de cajones y leña.



Figura 9.7. Aromo chileno, *Acacia dealbata* Link

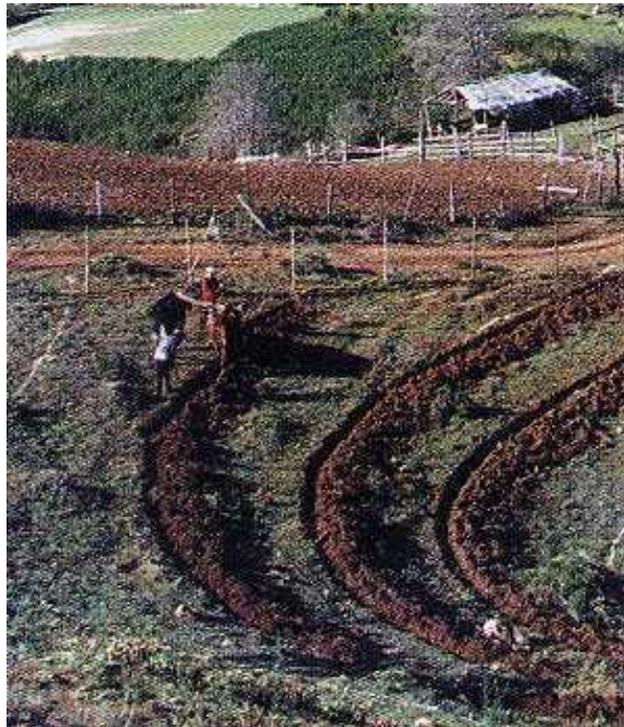
#### 9.6. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

Para tener éxito en el establecimiento se deben realizar una serie de labores, las relativas a cultivos y praderas ya han sido tratadas en otros artículos por lo que a continuación se hace un abreviado descripción de las más importantes y que no hay que descuidar:

- **Roce.** Consiste en cortar o eliminar los arbustos, matorral y pasto en la faja de plantación y ordenarlos en la entre hilera para proteger el suelo y reciclar nutrientes
- **Cerco.** Su objetivo es proteger la plantación y que los árboles no sufran daño por animales ya sea por ramoneo o pisoteo
- **Control de malezas.** Se debe efectuar sobre la faja de plantación y previo a plantar, puede hacerse en forma manual o química.
- **Preparación de suelo.** Se debe preparar el suelo donde se establecerán los árboles, para que las plantas puedan crecer en buena forma, puede ser mecanizada o con animales y consiste en confeccionar surcos con dos o tres pasadas de arado para remover el suelo y formar un camellón en la parte inferior de este. Los surcos deben confeccionarse en curvas a nivel (Figura 3.4.8). También, es posible la confección de “casillas de plantación” y consiste en hacer un cultivo del suelo en hoyos

de 40cm de ancho por 40 cm de largo y 40 cm de profundidad, dejando bien mullido el suelo y libre de malezas.

- **Elección plantas.** Es muy importante una planta sana, vigorosa, con un solo tallo mayor a 5 mm, buena distribución de hojas y raíces finas, hoja de buen color y raíces sin torceduras, daño ni deformaciones.
- **Distribución espacial.** En este tipo de sistemas, la distancia debe ser tal que permita el crecimiento de los cultivos o de la pradera entre las hileras de los árboles, por lo tanto la densidad es menor a la de una plantación convencional.
- **Fertilización.** Beneficia el desarrollo de raíces y parte aérea, permitiendo a la planta un rápido desarrollo y un uso más eficiente del agua y demás nutrientes del suelo, puede hacerse en hoyos, en bandas paralelas o en círculo alrededor del árbol.



**Figura 9.8. Curvas de nivel para el establecimiento de los árboles (INFOR).**

## 9.7. CONCLUSIONES.

Existen alternativas de especies, cultivos y praderas como también formas de establecerlas y poder incorporar estos sistemas agroforestales con éxito en el área y poder así contribuir a la restauración del ecosistema actual.

## 9.8. BIBLIOGRAFÍA

- BENEDETTI, S.; C. DELARD; C.LÓPEZ. 2002. El Acacio. Una opción agroforestal para la zona central. Manual INFOR. 201p.
- FERNÁNDEZ, F.,C. OVALLE, y J. AVENDAÑO.2003. Praderas y recursos forrajeros. pp.: 73 – 88 En : Fernández, F. y C. Ruiz. (Eds). Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98.
- FERNÁNDEZ, F.,C. OVALLE, y T. MANABE. 2003. Sistemas agroforestales. pp.: 89 – 102 En : Fernández, F. y C. Ruiz. (Eds). Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98.
- HOFFMANN, A., C. FARGA, J. LASTRA Y E VEGHAZI.1992. Plantas medicinales de uso común en Chile. Santiago, Fundación Claudio Gay. 273 p.
- RODRÍGUEZ R., R., MATTHEI S., O. Y QUEZADA M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Chile.
- RUIZ, C, N. RODRIGUEZ y A. PEDREROS. 2003. Producción de trigo. Pp: 39 – 52 En : Fernández, F. y C. Ruiz. (Eds). Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98.
- TAY, J. y F. FERNÁNDEZ. 2003. Leguminosas de grano. pp.: 53 – 72 En : Fernández, F. y C. Ruiz. (Eds). Producción moderna de cultivos y praderas en el secano interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98.

## CAPÍTULO 10

### MANEJO Y CONTROL DE CÁRCAVAS



#### **Autores**

Jorge Carrasco Jiménez

Jorge Riquelme Sanhueza

Kuni Matsuya

#### **Consultores Técnicos**

Paola Silva Candia, Ing. Agr. Mg.Sc.

Juan Hirzel Campos, Ing. Agr. Mg.Sc.

## **MANEJO Y CONTROL DE CÁRCAVAS**

### **10.1. INTRODUCCIÓN**

El principal énfasis en los trabajos emprendidos por el Proyecto CADEPA, ha sido el promover la producción sustentable de los cultivos tradicionales en base a la cero labranza. Pero dado el deterioro del suelo generado durante siglos de mal manejo de suelo, aparecen a la vista en San José de Ninhue, las cárcavas que son el resultado final de la erosión.

En conversaciones sostenidas con los agricultores que participan en el proyecto se planteo la necesidad de proteger las cárcavas e impedir que ellas siguieran creciendo afectando no solo el paisaje sino que además afectando otras obras como caminos y cercos de división de los predios.

De esta manera, apoyado por el programa de incentivos a la recuperación de suelos degradados para pequeños agricultores que administra el INDAP, se emprendieron labores de recuperación de cárcavas en algunos predios de los productores. Se presentan a continuación las bases técnicas de estos trabajos.

### **10.2. CLASIFICACIÓN DE CÁRCAVAS**

Las cárcavas corresponden a la forma más espectacular y dramática de erosión hídrica. Representan el estado más avanzado de erosión por flujo canalizado y son una consecuencia del mal uso que se hace del suelo. El proceso erosivo en las áreas de drenaje, disminuye la capacidad de infiltración de los suelos, lo que incrementa el volumen de agua que deben conducir los drenes naturales. Al acrecentarse el caudal de agua que escurre por el cauce de un dren natural, adquiere mayor energía para desgastar su lecho y taludes, hasta que en algún punto de su curso se forma un pequeño salto, que paulatinamente adquiere mayores proporciones e inicia su avance hacia la divisoria de la ladera (Peña, 1995).

Las principales causas de concentraciones de aguas en predios agrícolas y en los caminos, que a su vez generan las cárcavas son:

- ❖ Mal manejo del suelo y del agua.
- ❖ Falta de cubierta vegetal sobre el suelo.
- ❖ Presencia de depresiones naturales en el terreno.
- ❖ Falta de protección de caminos y empastadas.
- ❖ Ruptura de canales y terrazas.

Las cárcavas, de acuerdo con Sarh (1982), se pueden clasificar por su tamaño y el área que drenan, tal como observa en el Cuadro 10.1.

**Cuadro 10.1. Clasificación de las cárcavas**

| Cárcava | Tamaño<br>(profundidad en metros) | Área drenada<br>(hectárea) |
|---------|-----------------------------------|----------------------------|
| Pequeña | < de 1                            | < de 2                     |
| Mediana | 1 a 5                             | 2 a 5                      |
| Grande  | > de 5                            | > de 5                     |

Fuente: Sarh (1982)

Los principales daños causados por las cárcavas son las siguientes:

- ❖ Propician el arrastre de suelo fértil.
- ❖ Provocan daño en estructuras de almacenamiento y de conducción de aguas.
- ❖ Dificultan el uso de maquinaria agrícola.
- ❖ Reducen el área útil para el cultivo.
- ❖ Favorecen la destrucción de caminos vecinales.

### **10.3. ETAPAS PARA EL CONTROL DE CÁRCAVAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS**

Para lograr una eficiencia en el control de cárcavas pequeñas y medianas, es necesario realizar un control integral de la cuenca, que aporta los escurrimientos y sedimentos erosionados a la cárcava, mediante el uso de prácticas específicas de conservación de suelos, de acuerdo al uso del terreno.

Las etapas para el control de la erosión son las siguientes:

- ❖ Prevenir la erosión aguas arriba, en la cabecera de la cárcava.
- ❖ Reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales que erosionan el interior, borde y taludes de la cárcava.
- ❖ Relleno del interior de la cárcava con los sedimentos captado por estructuras físicas diseñadas para ese fin.
- ❖ Repoblar con vegetación nativa de la zona.

#### **10.3.1. Trazado de una zanja o canal de desviación de aguas lluvia**

La primera medida que se debe realizar para la recuperación de una cárcava menor es el trazado de una zanja o canal que se sitúa en la parte superior de una cárcava para desviar el curso del agua causante de la erosión. Debe quedar a una distancia de la cabecera de la cárcava de al menos tres veces superior a su profundidad. Por ejemplo, si la profundidad de la cárcava es de 3 metros, el canal de desviación se ubicará a 9 metros de la cabecera. La obra debe ser capaz de interceptar y evacuar la totalidad, idealmente, o una parte del caudal que potencialmente pueda escurrir desde la zona de aporte, la cual se ubica aguas arriba, conduciendo las aguas hacia desagües naturales o pendientes suaves más protegidas (quebrada, riachuelo, entre otros).

Las cárcavas son zanjas originadas por la erosión del suelo. Constituyen cauces naturales, donde el agua proveniente de las lluvias se concentra y escurre. Para estabilizarlas se recomienda construir zanjas de desviación, “peinar” los bordes, repoblar la ladera (cobertura vegetal) y construir barreras físicas, como diques de piedra o de sacos rellenos con tierra en hileras.

### 3.2. Peinado de la cárcava

Consiste en eliminar el suelo ubicado en el borde o taludes de la cárcava. En zanjas pequeñas y medianas se puede justificar suavizar los taludes (1,5:1), utilizando implementos manuales (Figura 10.1). El talud debe dejarse con asperezas para facilitar la siembra de alguna pradera de rápido crecimiento.



**Figura 10.1. Trabajos de peinado de cárcavas en el predio de Olegario Silva (San José, Ninhue)**

En taludes suavizados de cárcavas pequeñas y medianas, se puede sembrar lupino. Una excelente fertilización es indispensable para asegurar un buen desarrollo de la vegetación. Después de sembrar, se puede cubrir las semillas pasando un rastrillo liviano. Puede ser necesario cubrir con paja si la gradiente del colector lo aconseja (Peña, 1994).

### 3.3. Repoblamiento de la ladera

Es una medida importante para evitar que las cárcavas sigan desarrollándose. Consiste en sembrar alguna forrajera perenne, plantar árboles y arbustos que desarrollen un sistema denso de raíces y favorecer el crecimiento de la vegetación herbácea y arbustiva propia del lugar. El repoblamiento con vegetación se hace tanto en los bordes como en los terrenos aguas arriba de la cárcava, y este debe hacerse partiendo con especies herbáceas, seguido de arbustos, para finalmente terminar con especies arbóreas. Otra alternativa empleada por los productores del proyecto CADEPA ha sido el establecimiento de paletas de tuna, lo que en el futuro también les traerá un beneficio económico, (Figura 10.2.).



**Figura 10.2. Establecimiento de barreras de tuna en el talud de la cárcava, predio de Delfín Montecinos (San José, Ninhue).**

Cerca del borde se recomienda plantar árboles o arbustos de pequeño tamaño, para evitar el desmoronamiento del suelo por el peso que pudieran ejercer los más grandes. La cabecera de la cárcava debe repoblarse densamente, pues la erosión siempre es más intensa en la parte superior. Es importante cercar el área erosionada para evitar el ingreso de animales que puedan dañar la plantación e impedir la regeneración de la

vegetación natural. Como este proceso es lento, se necesitan varios años de vigilancia permanente.

### **3.4. Construcción de barreras físicas al interior de la cárcava**

La estabilización de la cárcava puede lograrse, además, con la construcción de barreras físicas como diques de piedra o de madera, tipo lampazos de pino, en sentido transversal a la misma. El uso de piedras dentro de la cárcava, es especial para suelos muy pedregosos, donde es difícil el crecimiento de la vegetación. Para una buena estabilización los muros deben construirse con un espaciado que permita que la parte superior de uno quede al mismo nivel de la base del muro anterior utilizando para ello la siguiente ecuación:

$$\text{Espaciamiento entre muros} = \frac{\text{Altura efectiva del muro}}{\text{Pendiente de la cárcava (\%)}}$$

Estos muros retendrán parte del suelo arrastrado, donde la vegetación encontrará excelentes condiciones para desarrollarse. La construcción de los muros tiene que ser lo suficientemente fuerte para resistir la acción destructora del agua.

Una alternativa barreras físicas es el uso de sacos plásticos llenos de tierra y semillas de especies forrajeras. A través de perforaciones que se le hacen a los sacos por las partes superior, saldrán los brotes de la semilla germinada. Este sistema permite repoblar con vegetación que detendrá el arrastre del suelo en el interior de la cárcava. Otro es el uso de “lampazos” de pino, los cuales se ubican formando una barrera en forma perpendicular a la pendiente de la cárcava. Previamente se entierran “lampazos” más resistentes que sirven de soporte a la estructura. La utilización de fardos de paja, unidos entre si por alambres y sujetos a “lampazos” enterrados, es una forma económica de construcción de muros de contención. El inconveniente es que deben ser cambiados de año en año.

En el caso del proyecto CADEPA, los productores prefirieron la utilización de diques de postes. Estos consistieron en una estructura de postes verticales los que se entierran entre 0,5 a 1 metro según el tipo de suelo, y se distancian entre 0,5 y 1,2 metros. Los postes horizontales deben empotrarse entre 0,3 y 0,6 metros en el fondo y lateralmente (Figura 10.3.).



**Figura 10.3. Detalle de construcción de un dique de poste en el predio de José Gaete. (San José, Ninhue).**

En la parte posterior del dique, y para aumentar la capacidad de retención de sedimentos, Francke (2002), recomienda colocar una malla de polietileno “tipo malla sombra” (80% de cobertura como mínimo) u otra de similar calidad (Figura 10.5.).



**Figura 10.5. Malla sombra en la parte posterior del dique. Predio de Polidoro Agurto (San José, Ninhue).**

El sector de la base de la cárcava situada justo después de la empalizada, donde el agua va caer luego de pasar sobre esta debe estar protegida con piedras, ramas o troncos, impidiendo que el impacto del agua excave la base de la empalizada (Bragagnolo, 1995). Los productores del proyecto CADEPA utilizaron como alternativa una pequeña banquina construida con postes. (Figura 10.6.)

Otra manera de proteger el dique es ubicarlo donde ya exista un árbol adulto cuyo tronco sirva de apoyo, como en el caso del predio de don Víctor Acevedo (Figura 10.7.).

Para evacuar la descarga, de acuerdo con el caudal máximo estimado, se construye un vertedero de sección trapezoidal, generalmente con un largo entre  $1/4$  y  $1/5$  de la longitud del dique y de 0,2 a 0,4 m de altura (Francke, 2002).



**Figura 4.6. Banquina detrás del dique para amortiguar el golpe de agua en el predio de Celermo Toro. (San José, Ninhue).**



**Figura 4.7. Ubicación del dique junto al tronco de un árbol en el predio de Víctor Acevedo. (San José, Ninhue).**

#### **10. 4. CONCLUSIONES**

Dada la necesidad de mejorar el paisaje y proteger los caminos y límites de los predios, se planteó la necesidad de efectuar un trabajo de manejo y control de cárcavas en el cual se involucró un grupo de productores de San José, en la comuna de Ninhue.

En base a la experiencia del trabajo realizado por los productores, se recomienda la aplicación de esta metodología en el resto de la comuna, así como en otras comunas con problemas similares en el secano interior y costero.

#### **10.5. BIBLIOGRAFÍA**

Bragagnolo, N. 1995. Manual integrado de prácticas conservacionista. Proyecto Regional GCP/RLA/!//JPN. FAO. Santiago, Chile. 128 p.

Francke, S. 2002. Control de erosión en terrenos degradados vía D.L. 701 de fomento forestal. En: Curso Internacional Manejo de Microcuenca y prácticas Conservacionistas de Suelo y Agua. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Quilamapu. Serie Actas N° 22, p. 55-82.

Peña, L. 1973. Recopilación de artículos sobre temas de conservación de suelos y agua. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán. 167 p.

Sarh, 1982. Prácticas Mecánicas. En: Manual de Conservación de suelo y del agua. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. pp. 213-326.