

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA UTILIZACIÓN DE COBERTURAS  
SEMBRADAS EN PALTOS (*Persea americana* Mili.)  
DE LA VARIEDAD HASS.**

**PAULA ALEJANDRA MATTAR FAJARDO**

QUILLOTA CHILE 2001

# ÍNDICE DE MATERIAS

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETIVOS

## 2. REVISIÓN BIBLOGRÁFICA

### 2.1. CULTIVO DEL PALTO

#### 2.1.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

#### 2.1.2. REQUERIMIENTOS Y EXIGENCIAS

##### 2.1.2.1. CLIMA

##### 2.1.2.2. SUELO

##### 2.1.3. RAÍCES

#### 2.1.4. FRUCTIFICACIÓN Y CUAJA

### 2.2. CULTIVOS DE COBERTURA

#### 2.2.1. FUNCIONES Y BENEFICIOS DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

#### 2.2.2. CONTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA A LA PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

##### 2.2.2.1. BIODIVERSIDAD Y ACTIVIDAD MICROBIANA

##### 2.2.2.2. AUMENTO DE NUTRIENTES

#### 2.2.3. REDUCCIÓN DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE SUELO

#### 2.2.4. CULTIVOS DE COBERTURA DE LEGUMINOSAS

##### 2.2.4.1. VICIA (*Vicia sp.*)

#### 2.2.5. CULTIVOS DE COBERTURA DE GRAMÍNEAS

##### 2.2.5.1. AVENA (*Avena sativa*)

#### 2.2.6. CULTIVOS DE COBERTURA MIXTOS

#### 2.2.7. USO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN CULTIVOS PERENNES

### 2.3. *MULCH*

#### 2.3.1. BENEFICIOS DEL USO DE *MULCH*

#### 2.3.2. DESVENTAJAS DE SU USO

## 3. MATERIALES Y MÉTODO

### 3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

#### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL LUGAR

### 3.2. MATERIALES

#### 3.2.1. MATERIAL VEGETAL

#### 3.2.2. OTROS MATERIALES

### 3.3. MÉTODO

#### 3.3.1. TRATAMIENTOS

#### 3.3.2. VARIABLES DEL SUELO

#### 3.3.3. VARIABLES DEL ÁRBOL

#### 3.3.4. VARIABLES DE LA COBERTURA

### 3.4. COSTO DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

## **4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. SUELO**

4.1.1. DENSIDAD APARENTE

4.1.2. PH

4.1.3. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

4.1.4. RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO

4.1.5. TEMPERATURA

4.1.6. CURVA CARACTERÍSTICA DE HUMEDAD

### **4.2. PLANTA**

4.2.1. DENSIDAD RADICAL

4.2.2. DISTRIBUCIÓN DE DIÁMETRO DE LAS RAÍCES

4.2.3. FRUTOS CUAJADOS

### **4.3. COBERTURAS**

4.3.1. APORTE DE MATERIA SECA

4.3.2. DEGRADACIÓN DE LOS MULCHES

4.3.3. PRESENCIA DE MALEZAS

## **5. CONCLUSIONES**

## **6. RESUMEN**

## **7. LITERATURA CITADA**

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cultivo del palto en Chile alcanza las 18307 ha, siendo la variedad Hass la más plantada (70 % de la superficie total), debido a que es la más apetecida en el mercado, tanto nacional como internacional.

Chile ocupa el tercer lugar a nivel mundial en superficie plantada con paltos, considerando variedades de las razas mexicana y guatemalteca o del tipo "californiano"; sin embargo, a nivel de producción ocupa la quinta posición (MAGDAHL, 1998).

Desde 1990, ha habido una fuerte tendencia por plantar paltos en el país dado que es un cultivo altamente rentable, porque los costos de producción son bajos y ambos mercados, externo e interno, son muy atractivos en la actualidad.

Las condiciones en que se cultiva el palto en Quillota difieren de las de su zona de origen, por lo que no son las más adecuadas para su desarrollo, presentando, entre otros problemas, añerismo, baja producción y daño por frío.

Debido al auge que tiene el palto en estos días y las perspectivas a futuro del cultivo, es necesario desarrollar nuevas técnicas para lograr mejores rendimientos y árboles con óptimo crecimiento y así tener ventajas competitivas respecto de otros productores.

Las prácticas culturales que eliminan o reducen la polución ambiental tienen un valor inherente más allá que el retorno inmediato, y serán posiblemente beneficiosas al largo plazo para los agricultores (TURNERY y MENGE, 1994).

Por otra parte, la agricultura actual tiende a disminuir el uso de agroquímicos, debido a la necesidad de controlar la contaminación de aguas y suelos realizada por la agricultura intensiva. Todo esto se traduce en un beneficio económico, ya que los

países más desarrollados cada día son más exigentes en calidad con sus mercados abastecedores, y estas exigencias de calidad están directamente relacionadas con los residuos de productos químicos presentes en la fruta.

Frente a lo anterior, surgen como parte del manejo, diversas opciones, por ejemplo, el uso de coberturas y mulches que presentan una serie de ventajas entre las cuales se pueden mencionar conservación de la humedad del suelo al reducir la evaporación y escurrimiento, la mantención de mejores temperaturas de suelo, reducciones en pérdida de nutrientes por lixiviación y en compactación del suelo, mayor infiltración de agua, aumento de la disponibilidad de nutrientes, aumento de la nitrificación y nutrientes disponibles por la descomposición del mulch y mejoramiento de la estructura (ROBINSON, 1988).

El uso de coberturas vegetales y mulches ha sido implementado en diversos cultivos como vides y cítricos, siendo una excelente alternativa para disminuir la presión de agroquímicos (herbicidas, fertilizantes y pesticidas), mejorando la calidad del suelo y, por lo tanto, aumentar la eficiencia del árbol en relación a su arraigamiento, absorción de agua, crecimiento y productividad necesarias para aumentar la competitividad.

### 1.1. Objetivos

- a) Determinar el efecto que tienen tres tipos de coberturas sobre propiedades físicas (densidad aparente y temperatura) y químicas (pH, CIC y Relación C/N) del suelo.
- b) Determinar el efecto que tienen tres coberturas distintas sobre el desarrollo radicular y cuaja de los paltos.
- c) Determinar el efecto de las distintas coberturas sobre la superficie del suelo (control de malezas, aporte de materia seca y persistencia sobre la superficie).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Cultivo del palto

#### 2.1.1. Clasificación botánica

El palto es una dicotiledónea perteneciente al orden de las Ranales y a la familia de las Lauráceas. Fue clasificada por Gaertner como *Persea gratissima* y como *Persea americana* por Miller (RODRÍGUEZ, 1982).

#### 2.1.2. Requerimientos y exigencias

##### 2.1.2.1 Clima

Entre los rasgos climatológicos que inciden en el desarrollo de la planta, deben tenerse en cuenta, entre otros, la temperatura, la humedad ambiental, las precipitaciones, la luminosidad y los vientos. Todos estos factores no actúan aisladamente, sino que se condicionan mutuamente, constituyendo una unidad climatológica donde alguno de los elementos puede funcionar como limitante. La temperatura es un factor muy importante para el cultivo. Debido a su origen, el aguacate es sensible a las bajas temperaturas, dependiendo de la resistencia de las variedades e híbridos (RODRÍGUEZ, 1982).

La humedad relativa ambiental influye en la calidad del fruto y en la sanidad de la parte aérea del árbol. Humedades altas inducen a la proliferación de las enfermedades en hojas, tallos y frutos (antracnosis, cánceres, etc). Se considera una humedad ambiental óptima aquella que no supera el 60% (RODRÍGUEZ, 1982).

#### 2.1.2.2. Suelo

Los mejores suelos para el palto son los de textura media y profundos, como los arcillo-arenosos o francos. Los suelos medios y profundos garantizan el desarrollo radicular del palto; cuanto más profundo el suelo, mejor será este desarrollo, siendo necesario evitar los de subsuelos rocosos y muy arcillosos. Es conveniente que el contenido de materia orgánica sea óptima (de 2,5 a 5%) para una buena estructura, que permita la porosidad y, consecuentemente, las proporciones adecuadas de aire y agua en el perfil, además de un drenaje suficiente (RODRÍGUEZ, 1982).

RODRÍGUEZ (1982) describe las características adecuadas de humedad, salinidad y pH que debe tener un suelo para paltos:

- a) Humedad: el palto es muy sensible al exceso de humedad en el suelo, debido a que su sistema radicular posee pocos pelos absorbentes y realiza la absorción de agua y nutrientes, principalmente, por las puntas de las ramificaciones radiculares. El exceso de agua provoca una rápida asfixia radicular y favorece la proliferación de hongos como *Phytophthora cinnamomi*.
- b) Salinidad: los suelos por debajo de 2 mmhos/cm se consideran normales. El aguacate es un cultivo muy sensible a la salinidad, se desarrolla normalmente con concentraciones menores de 3 mmhos/cm, pasando este nivel comienzan los efectos tóxicos de los Cloruros de Sodio y Magnesio (ClNa y Cl<sub>2</sub>Mg), produciendo quemaduras en las puntas y bordes de las hojas, además de defoliaciones intensas.
- c) pH: el rango de acidez óptimo para el desarrollo de la planta es el comprendido entre un pH de 5,5 y 6,5. Esta baja acidez posibilita una buena absorción de los principales nutrientes. Se cultiva, a veces, en suelos con un pH 8, pero se producen severas clorosis, pues por encima de un pH 7 disminuye la absorción de hierro (Fe). En suelos muy ácidos (por debajo de pH 5,5), comienzan los efectos tóxicos del aluminio (Al), que es fácilmente absorbido.

d) Agua: el agua de riego debe reunir algunas características importantes para su implementación en lo que respecta al contenido total de sales disueltas y al contenido de Sodio, Cloruros y Boro.

- Total de sales disueltas: menos de 850 ppm
- Sodio: menos de 3 meq/l
- Cloruros: menos de 107 ppm
- Boro: menos de 0,7 ppm

La cantidad de agua necesaria es variable según el estado de la planta (joven o adulta), el clima (grado de evapotranspiración) y el estado de desarrollo (reposo, crecimiento, floración, fructificación), además del sistema utilizado (con el riego por goteo se llega a ahorrar hasta un 40% de agua respecto al riego por aspersión).

### 2.1.3. Raíces

El sistema radicular tiene una raíz principal corta y débil como la mayoría de las especies arbóreas que tienen su origen en ambientes ricos en agua en el período vegetativo (CALABRESE, 1992).

Las raíces son superficiales dependiendo de la variedad, suelo y otras condiciones de producción. La profundidad alcanzada puede ser de 1 a 1,5 m, en suelos sueltos es mayor. La raíz del aguacate se caracteriza por tener muy pocos pelos radicales, y la absorción de agua y nutrientes se realiza, principalmente, en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios, lo cual determina la susceptibilidad del árbol al exceso de humedad que induce a las asfixias y ataques de hongos los cuales pudren los tejidos (RODRÍGUEZ, 1982).

WHILEY (1990) señala que las raíces se encuentran extensamente suberizadas y son relativamente ineficientes en la absorción de agua, con una baja conductividad eléctrica y baja frecuencia de pelos radicales. La alta resistencia al flujo hidráulico puede producir una excesiva variación diurna del contenido de agua en el árbol, lo

que puede generar una pérdida excesiva de frutos durante las etapas críticas de desarrollo afectando la productividad y calidad de los frutos.

Debido a que las raíces del palto son superficiales, encontrándose la mayor cantidad en los primeros 45 cm de suelo, son altamente vulnerables a cualquier cambio ambiental rápido. Es así como con temperaturas de suelos menores a 18°C, la actividad radicular se ve disminuida y con temperaturas de suelo de 13°C, se ve suprimida (TAPIA, 1993; WHILEY y WINSTON, 1987).

#### 2.1.4. Fructificación y cuaja

El palto produce bayas características y la duración de este período es variable según las condiciones climáticas y la variedad de que se trate; en general, puede decirse que tiene un período de maduración de intermedio a largo (RODRÍGUEZ, 1982).

El desarrollo total de la baya del aguacate y de los frutos en general está, en función de la división celular, engrosamiento y maduración, de allí la importancia de los factores agua y nutrientes. Otros factores determinantes son la cantidad de hojas o superficie foliar, y los climáticos, particularmente la temperatura (RODRÍGUEZ, 1982).

La floración del palto es muy abundante, tanto que se producen entre 1 a 2 millones de flores por árbol. Sin embargo, sólo unas pocas cuajan (menos del 0.001%). Dicha cuaja no ocurre de una sola vez, sino que en dos o tres veces a través del tiempo, cuando se presentan condiciones de buenas temperaturas (LOVATT, BERTLING y BLANKE, 1994).

La floración y la cuaja del cultivar Hass ocurre predominantemente en una época de baja actividad radical, reducida transpiración, baja fotosíntesis y bajas temperaturas que afectan en forma negativa la apertura floral, polinización, fecundación y cuaja. A

medida que la floración progresa, aumenta la competencia con los nuevos brotes vegetativos en desarrollo en un momento en que las raíces están aún inactivas o con muy baja actividad, por lo que la competencia por nutrientes y agua se torna cada vez más intensa. Ambos factores, en conjunto y por separado, afectan la cuaja de frutos (LOVATT y SALAZAR-GARCÍA, 1994).

## 2.2. Cultivos de cobertura

Estos sistemas consisten en la siembra de plantas herbáceas anuales o perennes para cubrir durante parte del año el suelo cultivado (ALTIERI, 1983).

Un cultivo de cobertura es definido como una cubierta vegetal viva que protege el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación) (ROUND, 1997).

En su forma más simple, un cultivo de cobertura tiene como propósito principal beneficiar el suelo y/u otros cultivos de una o varias maneras, pero no se pretende cosecharlo para alimentación o venta (SUSTAINBLE AGRICULTURE RESEARCH and EDUCATION, SARE, 1998).

A través de los siglos, se ha conocido la utilidad de los cultivos de cobertura y abonos verdes en la agricultura. Un ciudadano romano que vivió entre los años 234-149 A.C., escribió que los lupinos (*Lupinus* sp), frijoles (*Phaseolus* sp) y vicias (*Vicia* sp) fertilizaban la tierra. Varro (1934) señala que en un escrito fechado entre el año 116-27 A.C. ya sugería que algunas plantas, a pesar de no aportar ningún beneficio durante el año en que eran incorporadas al suelo, si proveían beneficios el siguiente año (CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE CULTIVOS DE COBERTURA, CIDICCO1995).

El uso de la *Mucuna* ha sido registrado desde el siglo 17 en Java, Bali y Sumatra, para recuperar los suelos degradados (ROUND, 1997).

Tradicionalmente el término "abonos verdes" se ha usado para referirse a plantas que se incorporan al suelo cuando aún están verdes, o un poco después de la floración con el objetivo de enriquecer los suelos. Pero, recientemente, el término se ha usado más ampliamente y puede referirse a plantas cuya vegetación se deja en el suelo estando verde o en estado seco con el propósito de abonar el suelo. Los abonos verdes son plantas que se siembran para cubrir el suelo, sin importar si en el futuro serán o no incorporadas. Así, aunque se usen para cubrir y proteger el suelo, también pueden ser incorporadas como abonos verdes. Además, el término de cultivos de cobertura incluye plantas sembradas entre las calles de huertos frutales o durante el período entre un cultivo y otro, con el objetivo de proteger la tierra de la erosión y lixiviación. Cualquier cultivo o forraje sembrado para proporcionar cobertura al suelo es un cultivo de cobertura (CIDICCO, 1995).

La práctica de usar cultivos de cobertura en plantaciones permanentes como palma, cítricos y otras frutas tropicales ha sido empleada desde los inicios del siglo veinte, especialmente en países asiáticos donde existen muchas experiencias con el uso de leguminosas de cobertura aunque mayormente en plantaciones de palma africana (*Æl/s guineensis*) (CIDICCO, 1995).

El interés en la práctica está creciendo por su gran aplicación potencial para gran variedad de plantaciones de frutas tropicales. Por ejemplo, en Costa Rica se emplean leguminosas de cobertura en plantaciones de guanábana (*Annona muricata*); en Honduras y Surinam hay muchas plantaciones de cítricos con cobertura de *Mucuna*. En Panamá, se usan en bananeras. El uso de las leguminosas de cobertura es pues, otra alternativa determinante en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas del mundo (CIDICCO, 1995).

Los cultivos de cobertura se siembran como una medida de conservación durante las estaciones del año en que no hay otros cultivos o como cubierta protectora bajo los árboles. En EE.UU. son cultivos invernales y, después de su aprovechamiento, suelen enterrarse como un abono verde (MORGAN, 1997).

PEET (2000) señala las distintas formas de usar un cultivo de cobertura:

- Como cultivo principal, durante la primera estación de crecimiento, usado en una rotación de cultivo.
- Como cultivo acompañante, o *mulch* vivo, sembrado entre las hileras del cultivo comercial.
- Como cultivo para atrapar nutrientes, sembrado después de la cosecha del cultivo comercial para reducir la lixiviación de nutrientes.
- Como cultivo fuera de temporada, cultivado para proteger el suelo, usualmente durante el invierno, cuando no hay cultivo principal.

INGELS (1994) agrega dos tipos más de cultivos de cobertura:

- Cultivos supresores del crecimiento de las malezas
- Cultivos insectarios cuya función es atraer insectos benéficos

Un buen cultivo de cobertura es el que mantiene o mejora las condiciones del suelo, al mismo tiempo que satisface los requisitos de manejo en un huerto o viña en particular (ALTIERI, 1983).

Idealmente, las especies cultivadas como cobertura deberían tener diversas características deseables. Estas son (1) ser una planta anual de invierno, controlando la erosión en invierno sin necesidad de usar agua en el verano; (2) tener baja altura, permitiendo la degradación de residuos antes de cosecharla, minimizando el daño por heladas y disminuyendo la necesidad de segar; (3) producir semilla suficiente en la primavera para autoregenerarse; (4) ser fácilmente controlada con herbicidas o maquinaria en caso de ser necesario y (5) no ser hospedera de plagas, roedores, ácaros, nemátodos o enfermedades (ELMORE, 1989).

Mantener un cultivo de cobertura durante el invierno en lugar del suelo desnudo es, asimismo, beneficioso para reducir la lixiviación del Nitrógeno hacia los freáticos del suelo (MORGAN, 1997).

BRIZUELA (2000) señala las características que debe tener un cultivo de cobertura y abono verde:

- Debe ser denso, suculento y de gran masa vegetal.
- Deben ser plantas rústicas, competitivas, tolerantes a las condiciones del medio y de fácil erradicación.
- De fácil establecimiento y crecimiento rápido.
- Ser poco fibrosas y de descomposición rápida.

#### 2.2.1. Funciones y beneficios de los cultivos de cobertura

ROUND (1997) atribuye las siguientes funciones a los cultivos de cobertura:

- Reducir costos: reducir la necesidad de insumos externos (ej. Fertilizantes, herbicidas, alimentos animales); reducir la mano de obra para el desmalezado.
- Generar ingresos: venta de semillas y forraje.
- Incrementar productividad: disminuir período de cultivo, incrementar fertilidad del suelo, reducir competencia de malezas, incrementar filtración de agua, producción de alimentos para animales, producción para la alimentación humana
- Reducir la degradación de recursos naturales: reducir residuos de agroquímicos, pérdidas de suelo por erosión, deforestación y la pérdida de biodiversidad, pérdidas de fertilidad por el quemado, mejorar infiltración de agua (y así reducir inundación y sedimentación).

McGUIRE (2000) señala que los beneficios de los cultivos de cobertura son:

- Aumentan el contenido de materia orgánica del suelo: la materia orgánica mejora las condiciones físicas del suelo, mejorando la estabilidad de sus agregados, la infiltración de agua, la difusión del aire y reduciendo la compactación. Además, aumenta la población de microorganismos y gusanos de tierra, que contribuyen a reciclar los nutrientes y mejorar la estructura del suelo.
- Aumentan la infiltración: al cubrir el suelo, los cultivos de cobertura protegen sus agregados. Si no están protegidos, los agregados pueden romperse y las partículas de menor tamaño pueden encostrarse y sellar la superficie del suelo.

Además, la materia orgánica de estos cultivos puede incrementar la agregación del suelo y aumentar la actividad microbiana que también contribuye a la formación de agregados.

- Conservan la humedad del suelo: cuando son usados como *mulch*, disminuyen la evaporación de la humedad del suelo. Esto se debe a la sombra dada por el *mulch*, que mantiene el suelo más frío.
- Reducen la compactación del suelo: al sembrar cultivos de raíces profundas se reduce la compactación del subsuelo.
- Reducen la lixiviación de nitratos: sembrar una cobertura no leguminosa puede evitar que se lixivie el Nitrógeno que es extremadamente móvil en el suelo.
- Abastecen de Nitrógeno al cultivo siguiente: debido a lo anterior, en el caso de cultivos anuales, el Nitrógeno retenido por la cobertura queda disponible para un cultivo siguiente.
- Mejora la calidad del suelo: esto ocurre principalmente cuando se usa un sistema de labranza de conservación, evitando incorporar las coberturas como abonos verdes y dejándolas principalmente como *mulch*.

SARE (1998) enumera y explica los siguientes beneficios:

1. Disminuye el costo de la fertilización: un cultivo de cobertura de leguminosa bien establecido puede reemplazar gran parte, sino toda, la fertilización nitrogenada necesaria para producir un cultivo comercial de granos. Las leguminosas y gramíneas también ayudan a reciclar P, K y micronutrientes desde el perfil del suelo, haciéndolos más disponibles para los cultivos comerciales. La cantidad de Nitrógeno que brinda la cobertura y la rapidez con que éste queda disponible para el cultivo comercial, depende de la especie usada y de su etapa fenológica en que es cortada. También depende de la cantidad de Nitrógeno ya disponible en el suelo. SARE (1998), menciona una investigación realizada en Washington que determina que la fijación de N de la leguminosa se reduce en 2.8 kg/há por cada 454 gramos de Nitrógeno disponible en el suelo. Para ayudar a la leguminosa a fijar el máximo de N conviene preceder la

cobertura con un cultivo que extraiga el máximo posible de N disponible en el suelo.

En general, cerca de la mitad del Nitrógeno de la leguminosa está disponible para el siguiente cultivo. El resto es liberado a tasas variables durante los siguientes años.

Cerca del 80-90% del N de las leguminosas está contenido en la parte aérea.

Las leguminosas también pueden transferir N a las gramíneas cuando crecen una al lado de la otra.

2. Reduce la erosión del suelo: no sólo por el hecho de sostener el suelo en su lugar, sino que también reduce el impacto de las gotas de lluvia. Mediante el aporte de materia orgánica, aumenta la infiltración, de manera que más cantidad de agua entra al suelo en lugar de escurrir superficialmente.
3. Reduce los costos de riego y gasolina.
4. Disminuye el gasto en herbicidas: a medida que la cobertura crece, inhibe la germinación y crecimiento de malezas de otoño y de primavera temprana por competencia y sombreado. Mientras no sean competencia del cultivo comercial, son beneficiosas para disminuir el uso de herbicidas. Cuando muere y se deja como *mulch*, continúa controlando las malezas principalmente, bloqueando la luz.

Algunos residuos de cultivos de cobertura contienen compuestos alelopáticos, que inhiben el crecimiento de otras plantas. El centeno es el cultivo de cobertura conocido con el mayor grado de alelopatía. La avena y el trigo han demostrado propiedades alelopáticas bajo ciertas condiciones. La mejor manera de aprovechar la alelopatía es segando y dejando la cobertura como *mulch*, sin incorporarla.

5. Reduce los problemas de insectos: las coberturas sirven para atraer insectos benéficos. Se debe tener precaución al elegir una cobertura ya que se debe evitar las especies que atraen plagas. La siega reduce la habilidad de la cobertura de albergar insectos benéficos.
6. Reduce enfermedades de suelo y nemátodos: en caso de rotaciones de cultivos, las coberturas son un excelente control de enfermedades de suelo. Con relación

a los nemátodos, las coberturas pueden actuar como no hospedero, evitando su reproducción, o sus raíces pueden producir compuestos que estimulan su actividad que posteriormente mueren al no estar el hospedero adecuado. Además, las raíces y follaje de algunas coberturas pueden producir compuestos que sean letales para los nemátodos.

7. Minimiza la contaminación de las aguas subterráneas: los cultivos de cobertura, especialmente las especies no leguminosas, son fuertes "sinks" para atraer y almacenar Nitrógeno residual de abonos y fertilizantes aplicados al cultivo anterior.

Los pastos de invierno con sistema radicular profundo y denso, como el centeno, o que producen mucha biomasa aérea, son muy buenos recuperadores de Nitrógeno residual. Las leguminosas también realizan esta labor. Mientras fijan mucho de su propio Nitrógeno, cuentan con los nitratos del suelo si los niveles son suficientemente altos y el crecimiento de la leguminosa es mayor, evitando que los nitratos lixivien fuera de la zona radical.

8. Disminuye los riesgos de producción a través de la diversificación: aunque la finalidad del cultivo de cobertura no es de producir utilidades, podría ocurrir si se cosechara y vendiera su semilla.

MANNERING et al. (1996) agregan como ventajas el control de la erosión causada por el viento, especialmente en suelos arenosos; el aumento del rendimiento del cultivo y el reciclaje de nutrientes que de otra manera podrían lixiviarse. Además, señalan que al cosechar la cobertura y dejarla como *mulch*, se reduce la evaporación de agua del suelo.

ROUND (1997) describe las desventajas que se pueden presentar al implantar un cultivo de cobertura:

1. Requiere un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo de cobertura y los cultivos asociados. En casos extremos, esto puede llevar a que el cultivo de cobertura sea clasificado como una maleza.

2. Requerimientos altos de mano de obra para el establecimiento y el corte del cultivo de cobertura podría coincidir con actividades que demandan mano de obra.
3. Pueden atraer pestes como ratas y serpientes.
4. Algunos cultivos de cobertura perennes pierden humedad en la época seca, constituyéndose en un riesgo de incendios.
5. A pesar de que los cultivos de cobertura deberían incrementar la infiltración de la lluvia al disminuir la velocidad del escurrimiento superficial, puede causar deslizamientos de tierra si la precipitación es intensa en terrenos de alta pendiente.
6. En parte o todo el año, los cultivos de cobertura ocupan tierra que podría ser utilizada para otros propósitos (por ejemplo, cultivos o producción ganadera).
7. En algunas situaciones, el cultivo de cobertura podría contribuir a producir problemas de plagas o enfermedades en el principal. En otros casos, podría existir el peligro de que el cultivo de cobertura actúe como huésped alternante a plagas insectiles.
8. Ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo.
9. Cultivos de cobertura no-leguminosas, que son incorporados como un abono verde, podrían tener altas proporciones de relación C/N como para reducir la absorción de Nitrógeno por el cultivo siguiente.
10. Existen pocas coberturas que combinan buenas características de cobertura y sean productos para la alimentación humana.

#### 2.2.2. Contribución de los cultivos de cobertura a la productividad del suelo

Los cultivos de cobertura protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas su b-su pérdida les conduciendo a más altas tasas de infiltración y agregados más estables en agua. Sin embargo, bajo condiciones más secas, podría desarrollarse una competencia por agua y consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que un *mulch* muerto (ROUND, 1997).

La formación de agregados más estables, conjuntamente con más aireación, conduce a una disminución en la densidad del suelo bajo cultivos de cobertura, lo cual es generalmente beneficioso para el crecimiento de la planta (POUND, 1997).

La compactación del subsuelo es un problema común en los suelos agrícolas caracterizados por una estructura pobre que han estado sujetos a excesivo y/o inoportunos laboreos mecánicos durante varios años. El "laboreo biológico" por medio de los cultivos de cobertura alfalfa (*Medicago sativa*), gandul (*Cayanas cajan*), caupí (*Vigna unguiculata*), tobiata (*Panicum máximum* var. *Tobiata*), centenario (*Panicum máximum* var. *Centenario*), brizantha (*Brachiaria brizantha*) y Centrosema (los cuales tienen raíces que son capaces de penetrar el subsuelo compactado), puede afectar significativamente la infiltración del agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona (POUND, 1997).

#### 2.2.2.1. Biodiversidad y actividad microbiana del suelo

La introducción de una leguminosa a las plantaciones de frutales contribuye a la proliferación de numerosos micro hábitais para un gran número de microorganismos, insectos, reptiles, roedores y pájaros (CIDDICO, 1995).

ALTIERI y SCHMIDT (1986), citados por CIDDICO (1995), observaron en un estudio realizado en manzanos una menor incidencia de plagas insectiles en plantaciones con rica vegetación en el suelo, comparado con aquellas plantaciones sin ninguna cobertura, lo cual se debía principalmente al aumento en la población y eficiencia de insectos predadores y parasitoides que se mantienen alojados en los cultivos de cobertura.

Al incorporar un abono verde, aumentan rápidamente los microorganismos del suelo. Éstos se multiplican para atacar el material fresco incorporado. Durante la degradación microbiana, los nutrientes contenidos en los tejidos de las plantas son liberados, quedando disponibles para el siguiente cultivo (APPROPIATE

TECHNOLOGY TRANSFER FOR RURAL ÁREAS, ATTRA, 1999; BUCKMAN, 1993).

Los factores que influyen la habilidad de degradar la materia orgánica por parte de los microorganismos incluyen la temperatura de suelo, humedad del suelo y la relación C/N del material vegetal. La relación C/N del tejido de la planta refleja el tipo y edad de la planta de donde deriva. A medida que la planta madura, disminuye el contenido proteico (N) y aumenta el material fibroso (C). La relación C/N óptima para una descomposición rápida de la materia orgánica es de 15:1 a 25:1. Relaciones C/N superiores a 25:1 causan inmovilización del N del suelo, no quedando disponible para las plantas. Mientras menor sea la relación C/N, mayor será la cantidad de Nitrógeno liberado al suelo para el inmediato uso para las plantas (ATTRA, 1999).

PLASTER (1997) señala que la temperatura de suelo óptima para el desarrollo de los microorganismos es de 25 a 37°C.

#### 2.2.2.2. Aumento de nutrientes

La acumulación de Nitrógeno depende de la cantidad de materia seca y su porcentaje de N. El Nitrógeno acumulado generalmente aumenta a medida que se incrementa la materia seca. Sin embargo, el porcentaje de Nitrógeno en la materia seca varía considerablemente con el tipo de cultivo de cobertura, estado de crecimiento y contenido de Nitrógeno del suelo. Las leguminosas, generalmente, tienen un mayor porcentaje de N que las plantas no leguminosas, y el porcentaje de N de las no leguminosas, generalmente, es mayor cuando son jóvenes que cuando están maduras. Ambos tipos de plantas absorben más cantidad de N que la necesaria (consumo de lujo) si el contenido en el suelo es alto, aumentando el porcentaje de N en la materia seca (SATTEL et al., 1999).

Además del Nitrógeno de las leguminosas, los cultivos de cobertura ayudan a reciclar otros nutrientes. El Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, entre otros, son acumulados por las coberturas durante la estación de crecimiento. Cuando el abono verde es incorporado o dejado como *mulch*, estos nutrientes esenciales para las plantas, van quedando lentamente disponibles durante la descomposición (ATTRA, 1999).

### 2.2.3. Reducción de la variación de temperatura del suelo

Las oscilaciones de temperatura en la superficie del suelo que ocurren a lo largo del día, son más perjudiciales para el desarrollo de microorganismos que la mayor cantidad de Oxígeno que tiende a acumularse en la capa superficial (MELARATO, 1998).

Por ser malos conductores del calor, el humus y la materia orgánica contribuyen a reducir las variaciones diarias de temperatura (COSTA, 1985 citado por MELARATO, 1998).

El sombreado ejercido por el material de cobertura y la coloración clara de la paja son factores que también contribuyen a la reducción de temperatura de la superficie (MELARATO, 1998).

Una cobertura muerta puede mantener la superficie del suelo 9°C más fría en el verano y 3°C más cálida en invierno (MELARATO, 1998).

### 2.2.4. Cultivos de cobertura de leguminosas

Las plantas leguminosas de cobertura son de valor especial, debido al Nitrógeno que pueden aportar por medio del proceso de fijación del Nitrógeno. LATHWELL (1990) indica que bajo condiciones favorables, grandes cantidades de Nitrógeno pueden ser fijadas por los abonos verdes de plantas leguminosas. Para lograrlo,

deben primero estar bien adaptadas a las condiciones climatológicas de la región. Segundo, para lograr la máxima fijación de Nitrógeno, se requiere que hayan condiciones de suelo que favorezcan la acumulación de materia seca.

SARE (1998) indica que las coberturas leguminosas más usadas son anuales de invierno, como trébol subterráneo, vicia pilosa, arvejas o perennes, como trébol rosado y trébol blanco. Las coberturas de leguminosas son usadas generalmente para:

- Fijar el Nitrógeno atmosférico para ser usado por el cultivo siguiente
- Reducir o prevenir la erosión
- Producir biomasa y agregar materia orgánica al suelo
- Atraer insectos benéficos

Las leguminosas varían ampliamente en la habilidad para prevenir erosión, disminuir malezas y agregar materia orgánica al suelo. En general, las coberturas de leguminosas no extraen el Nitrógeno tan bien como las gramíneas. Debido a esto, si se requiere una cobertura que absorba excesos de nutrientes después de abonar o aplicar fertilizantes, una gramínea o una mezcla son mejor alternativa que una leguminosa (SARE, 1998).

Las leguminosas anuales de invierno, cuando se establecen en el otoño, producen la mayor parte de su biomasa y Nitrógeno en primavera. Las leguminosas son generalmente, bajas en carbono y más altas en Nitrógeno en comparación con las gramíneas. Esta relación C/N menor da como resultado una degradación de los residuos más rápida que las gramíneas. Por lo tanto, el Nitrógeno y el resto de los nutrientes contenidos en sus residuos generalmente son liberados más rápido que de los residuos gramíneos. El control de malezas por parte de los residuos de leguminosas puede no durar tanto como una cantidad equivalente de residuos de gramíneas. Las leguminosas no incrementan el contenido de materia orgánica del suelo tanto como las gramíneas (SARE, 1998).

#### 2.2.4.1. Vicia (*Vicia* sp.)

La mayor parte de las vicias comerciales provienen de Europa y de Asia. En Chile, se cultiva principalmente la *Vicia atropurpúrea*, que al igual que la *Avena* sp. se adapta a las más diversas condiciones climáticas, pero entre las vicias es la que más sufre con las heladas. En cuanto a suelo, se adapta a casi cualquier tipo, incluso los ácidos. Se asocia muy bien con *Avena sativa* o *strigosa* (SILVA, 1983).

La vicia común (*Vicia sativa* L.) es una planta anual suculenta que alcanza una altura aproximada de 60 cm cuando está plantada sola. Alcanza alturas mayores cuando está acompañada de un cultivo alto que le brinda soporte estructural para trepar (SATTELLEtaJ., 1999).

La vicia común se usa como cultivo de cobertura, abono verde, pastura, ensilaje y heno. Se ha usado exitosamente como cultivo de cobertura en viñedos y cultivos (SATTELLEtaJ., 1999).

La vicia pilosa (*Vicia villosa*) es una de las leguminosas más agresivas y es un buen cultivo acompañante de las gramíneas. Sus zarcillos se enredan alrededor de las máquinas, dificultando su corte e incorporación. La vicia común es similar a la pilosa pero más fácil de incorporar con maquinaria por tener menos zarcillos (COGGER, 1997).

McGUIRE (2000) clasifica a la vicia pilosa como una cobertura de excelente fuente de Nitrógeno, que mejora la calidad del suelo, controla la erosión y suprime malezas.

MANGAN (1995) señala que la vicia pilosa, por ser una leguminosa, vive en estrecha relación con rizobios que invaden y se establecen en los nodulos de las raíces de la planta mientras crece. Estas bacterias toman Nitrógeno desde la

atmósfera y lo convierten en una forma disponible para la planta. En retribución por el Nitrógeno, la leguminosa les proporciona carbohidratos a las bacterias.

Los rizobios generalmente están presentes en el suelo, listos para inocular las plantas leguminosas y empezar a fijar el Nitrógeno. Ocasionalmente, el rizobio adecuado no está presente, y la inoculación no ocurre. En este caso, los nódulos de las raíces son blancos o verdes, en comparación con los nódulos activos que se presentan de color rosado (COGGER, 1997).

#### 2.2.5. Cultivos de cobertura de gramíneas

La mayoría de las coberturas no leguminosas usadas comúnmente son pastos. Estos incluyen: cereales anuales (centeno, cebada, trigo y avena), pastos de forraje anuales o perennes (báltica) y pastos de estación cálida como sorgo y pasto Sudán. Las coberturas de pastos son más útiles para:

- Extraer nutrientes- especialmente Nitrógeno- dejados por el cultivo anterior.
- Reducir o prevenir la erosión.
- Producir gran cantidad de residuo y agregar materia orgánica al suelo.
- Disminuir malezas.

Los cultivos de cereales anuales han sido usados exitosamente en diversos climas y sistemas de cultivo. Las anuales de invierno, generalmente, son sembradas tarde en verano u otoño, se establecen y producen buena biomasa radical y aérea antes de disminuir su actividad durante el invierno, para posteriormente brotar y producir biomasa significativa antes de la maduración.

Las coberturas de pastos tienen un mayor contenido de carbono que las leguminosas. El alto contenido de carbono de los pastos significa que se degradan más lentamente que las leguminosas, resultando un residuo de mayor duración. A medida que el pasto madura, la relación Carbono/Nitrógeno aumenta. Esto tiene dos resultados tangibles: el residuo más alto en carbono es más difícil de degradar por los microorganismos del suelo, por lo que el proceso demora más, y el nutriente

atmósfera y lo convierten en una forma disponible para la planta. En retribución por el Nitrógeno, la leguminosa les proporciona carbohidratos a las bacterias.

Los rizobios generalmente están presentes en el suelo, listos para inocular las plantas leguminosas y empezar a fijar el Nitrógeno. Ocasionalmente, el rizobio adecuado no está presente, y la inoculación no ocurre. En este caso, los nodulos de las raíces son blancos o verdes, en comparación con los nodulos activos que se presentan de color rosado (COGGER, 1997).

#### 2.2.5. Cultivos de cobertura de gramíneas

La mayoría de las coberturas no leguminosas usadas comúnmente son pastos. Estos incluyen: cereales anuales (centeno, cebada, trigo y avena), pastos de forraje anuales o perennes (ballica) y pastos de estación cálida como sorgo y pasto Sudán. Los coberturas de pastos son más útiles para:

- Extraer nutrientes- especialmente Nitrógeno- dejados por el cultivo anterior.
- Reducir o prevenir la erosión.
- Producir gran cantidad de residuo y agregar materia orgánica al suelo.
- Disminuir malezas.

Los cultivos de cereales anuales han sido usados exitosamente en diversos climas y sistemas de cultivo. Las anuales de invierno, generalmente, son sembradas tarde en verano u otoño, se establecen y producen buena biomasa radical y aérea antes de disminuir su actividad durante el invierno, para posteriormente brotar y producir biomasa significativa antes de la maduración.

Las coberturas de pastos tienen un mayor contenido de carbono que las leguminosas. El alto contenido de carbono de los pastos significa que se degradan más lentamente que las leguminosas, resultando un residuo de mayor duración. A medida que el pasto madura, la relación Carbono/Nitrógeno aumenta. Esto tiene dos resultados tangibles: el residuo más alto en carbono es más difícil de degradar por los microorganismos del suelo, por lo que el proceso demora más, y el nutriente

contenido en el residuo de la cobertura, generalmente, está menos disponible para el cultivo siguiente (SARE, 1998, SATTEL et al., 1999).

Los cereales de grano crecen vigorosamente y pueden proveer un cubrimiento rápido del suelo incluso cuando el clima es frío (COGGER, 1997).

Las coberturas de gramíneas pueden producir gran cantidad de residuo, lo que contribuye a su capacidad de prevenir la erosión y suprimir malezas mientras crecen o están en la superficie del suelo como *mulch* (SARE, 1998).

Aunque las gramíneas contienen algo de Nitrógeno en sus tejidos vegetales, las coberturas de pastos no son fuentes significativas de Nitrógeno para el sistema de cultivo. Sin embargo, mantiene el exceso de Nitrógeno del suelo de lixiviación y previenen la pérdida de materia orgánica del suelo provocada por la erosión (SARE, 1998).

#### 2.2.5.1. Avena (*Avena sativa*)

La *Avena sativa* y la *strigosa* se siembran, en riego o en regiones húmedas, entre fines de verano y principios de otoño. Las siembras tempranas producen más en invierno y las tardías tienden a producir más en primavera (SILVA, 1983).

La avena tolera suelos húmedos y pesados de mejor manera que otros cultivos de cobertura (COGGER, 1997).

SARE (1998) describe al cultivo como anual de invierno, tolerante a heladas leves. Generalmente, se usa para ayudar a la sobrevivencia de coberturas de leguminosas como tréboles y vicias. La avena de primavera tiene gran crecimiento en otoño si se siembra temprana. Si este crecimiento otoñal es suficiente, la avena muerta en invierno provee de un *mulch* suficiente para suprimir malezas durante el principio de la primavera, disminuyendo la necesidad de usar herbicidas. Cuando se cosecha en

estado vegetativo a floración para forraje, la proteína de la avena puede ser tan alta como 25%. Su *mulch* de color claro puede reflejar la luz, retardando el calentamiento del suelo en la primavera.

McGUIRE (2000) clasifica a la avena como una cobertura buena en extraer Nitrógeno, controladora de la erosión y buena supresora de malezas.

#### 2.2.6. Cultivos de coberturas mixtos

SARE (1998) indica que las mezclas de dos o más cultivos de cobertura, generalmente, son más efectivos que plantar una especie aislada. Las mezclas ofrecen lo mejor de los dos mundos, combinando los beneficios de las gramíneas y leguminosas, o usando las diferentes características de crecimiento de las distintas especies para satisfacer distintas necesidades. Se puede usar mezclas de cultivos de coberturas para mejorar:

- Sobrevivencia invernal
- Cobertura del suelo
- Uso de la luz solar
- Producción de Nitrógeno y biomasa
- Control de malezas
- Duración del período de crecimiento activo
- Rango de atracción de insectos benéficos
- Tolerancia a condiciones adversas
- Opción de forraje
- Respuesta a variables del suelo

Además, SARE (1998) señala las posibles desventajas que puede presentar una mezcla de coberturas pueden incluir:

- Mayor costo de semilla
- Exceso de residuo
- Mayor complicación en los manejos

- Dificultad de sembrar

Las mezclas de cultivos pueden reducir el riesgo en los sistemas de cultivo, porque cada cultivo en la mezcla puede responder de manera distinta al suelo, plagas y condiciones climáticas (SARE, 1998).

Cuando no se sabe cuánto Nitrógeno puede quedar después de la cosecha de la cobertura, una mezcla de cobertura gramínea-leguminosa se ajusta a la cantidad de Nitrógeno disponible en el suelo: si hay mucho, la gramínea predomina; en cambio, si no hay mucho nitrógeno de suelo disponible, la leguminosa tiende a dominar la mezcla. En ambos casos, se logra el beneficio combinado de la extracción de Nitrógeno por la gramínea y la adición de él por parte de la leguminosa (SARE, 1998).

MANGAN (1995) recomienda sembrar la vicia con centeno o avena, debido a que ambos cereales son muy eficientes en extraer Nitrógeno del suelo (la vicia lo extrae principalmente del aire, por lo que no requiere mucho del suelo) lo que se ayuda a evitar el riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea, el Nitrógeno es reciclado y puede ser usado por el siguiente cultivo comercial. Además, ambos cereales producen grandes cantidades de materia orgánica si se deja crecer lo suficiente. Por último, estos cereales proporcionan un mejor control de la erosión en comparación con la vicia sola, debido a que emergen y se establecen más rápidamente.

#### 2.2.7. Uso de cultivos de cobertura en cultivos perennes

El uso de cultivo de coberturas en sistemas perennes está mucho más ampliamente distribuido y reconocido que su uso en los cultivos anuales. Se considera a Indonesia como un pionero en el uso de cultivos de cobertura en palma aceitera, cocos, plantaciones de goma y sisal, en los cuales proporcionan un método de

control de malezas que ahorra mano de obra, reducen la erosión del suelo y proveen nutrientes al suelo (POUND, 1997).

En otras regiones, donde la precipitación es escasa, se ha reportado la competencia por agua por cultivos de cobertura de sistema radicular profundo. Cultivos de cobertura agresivos pueden reducir las reservas de humedad del suelo hasta una profundidad de un metro (POUND, 1997).

Las funciones de los cultivos de cobertura en sistemas perennes cambian durante el ciclo de desarrollo de los cultivos perennes. Durante la fase inicial de establecimiento, los cultivos de cobertura pueden reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo, absorbiendo los nutrientes disponibles, los mismos que no son aún accesibles al sistema radicular parcialmente desarrollado de los perennes (POUND, 1997).

Numerosas referencias documentan el uso de cultivos de cobertura en cultivos perennes comerciales tales como duraznos (AIBAR et al., 1990), coco (BOURGING, 1990; JUAN y ABABA, 1980), banana (CINTRA, 1988), palma aceitera (CHAN y HUTAURUK, 1982; LUMBANTOBING et al., 1984; MASKUDIN, 1988; RENARD et al., 1991; CIDDICO Carta N°7, 1994) y café (OLADOKUN, sin fecha). En el caso de cultivos perennes que forman una sombra densa después de cinco a seis años, como el de la palma aceitera, el cultivo de cobertura es necesario solamente durante la fase de establecimiento. Rara plantaciones más abiertas, tales como cítricos o mangos, el control de malezas será necesario durante toda la vida del cultivo (ROUND, 1997).

Las principales limitaciones de los cultivos de cobertura para el uso en huertos o viñas, son que pueden competir por agua y nutrientes con los árboles o vides y que ciertas malezas pueden proliferar (ALTIERI, 1983).

ALTIERI (1983) describe los métodos de manejo de coberturas para viñas y huertos frutales dentro de los que destaca la siembra anual de coberturas en otoño para después incorporarla a principios de primavera, siguiendo con un barbecho hasta el otoño siguiente. Se usa una labranza temprana para incorporar el cultivo como abono verde y para disminuir el peligro de daño por heladas. Este método se puede usar con todos los tipos de sistemas de riego.

INGELS (1995) describe la experiencia obtenida en los viñedos Chandon's, donde se observó que las gramíneas sembradas solas pueden extraer grandes cantidades de Nitrógeno desde el suelo pudiendo ser un problema para el cultivo comercial. Al sembrar en asociación con leguminosas, se reduce la competencia y, generalmente, se obtienen vinos de mejor calidad.

HANNA, ZALOM y ELMORE (1995) realizaron un experimento en uva de mesa de la variedad "Thompson seedless" el año 1992 comparando tres sistemas de manejo del suelo en vides: a) convencional con suelo limpio y control químico de malezas en los costados de las hileras b) cobertura de otoño mixta de avena y vicia que fue segada y dejada en los costados de las hileras para controlar malezas sin uso de herbicidas c) cobertura de otoño mixta de avena y vicia que fue segada y dejada en el centro de las hileras con control de malezas químico en los costados de las hileras.

ELMORE (1989) describe un ensayo realizado en Central Valley, en plantaciones de almendro cv. Non pareil, Carmel y Price con siembras de *Bromus mollis* y *Trifolium fragiferum*, donde se evaluó el efecto sobre el control de malezas y plagas, consumo de agua del cultivo y costo de establecimiento y mantención de las coberturas.

### 2.3. Mulch

Un *mulch* se puede definir como cualquier material orgánico o inorgánico aplicado a la superficie del suelo para modificar sus condiciones y favorecer el crecimiento de

las plantas, previniendo la pérdida de humedad del suelo por evaporación, disminuyendo el desarrollo de malezas y las fluctuaciones de temperatura, promoviendo la productividad y reduciendo notoriamente la erosión del suelo. Sin embargo, es la conservación de la humedad del suelo el principal efecto de su uso (FOSHEE et al., 1996; ROMERO, 2000).

Los materiales que se usan son variados, entre los cuales se encuentran turba, *chips* de madera, acícula de pino, hojas, paja, cortes de pasto, arena, piedras, etc. Además, destacan materiales manufacturados, como plástico, celofán, entre otros (ROBINSON, 1988).

WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON Y COWAN (1997) señalan que el uso de *mulch* orgánico genera numerosos beneficios en la mayoría de las situaciones; sin embargo, tanto los aspectos negativos y positivos de su uso deben ser analizados y comprendidos en cada una de las condiciones y medios en los cuales se utilizan.

#### 2.3.1. Beneficios del uso de mulch

La conservación de la humedad del suelo se logra, debido a que el mulch provee de una barrera protectora en la superficie del suelo, lográndose, de esta manera, disminuir la evaporación desde éste y aumentar los niveles de humedad; por otro lado, el efecto supresor sobre el crecimiento de las malezas permite reducir también la pérdida de humedad por transpiración, manteniéndose la superficie del suelo más húmeda por un período de tiempo más prolongado (FOSHEE et al., 1996).

El incremento en la capacidad de retención de agua se debe a que la materia orgánica disminuye la energía libre de ésta al ser atraída por las cargas negativas de los coloides del suelo (HONORATO, 1994). Así, el uso de *mulch* permite que haya una mayor cantidad de agua disponible para las plantas en capacidad de campo y, a la vez, permite un aumento en el tamaño de poros del suelo, lo que genera una mejor utilización de sus primeros centímetros que corresponden al área

más fértil y aireada. Corresponde, además, a la zona donde las raíces tanto de cítricos como de paltos se encuentran más activas (TUKEY y SCHOFF, 1963).

La aplicación de un mulch orgánico no sólo favorece la creación de una capa de suelo de gran riqueza, sino que también cumple funciones anexas como disminuir la cantidad de luz solar que llega a la superficie del suelo, disminuyendo el desarrollo de malezas; reducir la evaporación del agua al aislar el suelo; y aumentar la materia orgánica que constituye una fuente de nutrientes para la planta (FOSHEE et al., 1996).

La mayor agregación del suelo, producto de la adición de materia orgánica, incrementa la porosidad y genera un aumento en la capacidad de retención de agua. En efecto, se ha observado que los tratamientos con *mulch* presentan mayores niveles de humedad en pleno verano, existiendo una reducción de 1/3 a 1/4 de la pérdida de humedad por evaporación, una mayor tasa de infiltración y una mayor aireación del suelo (TUCKEY y SCHOFF, 1963).

STINSON et al. (1990) señalan que debido a que la humedad del suelo se mueve hacia su superficie por capilaridad, quedando expuesta al sol, viento o condiciones de baja humedad relativa que promueven la evaporación. El uso de un mulch permite reducir la evaporación debido a que alarga el flujo de agua a través de los capilares del suelo y el aire.

En ensayos realizados por GREGORIOU y RAJKUMAR (1984), se demuestra que la humedad del suelo durante la temporada seca fue mayor en los suelos tratados con *mulch*. La combinación del riego con el uso de *mulch* provocaron un mayor nivel de humedad a lo largo de toda la temporada seca, que ni el riego ni el *mulch* por sí solos hubiesen logrado.

En relación al desarrollo de las raíces, la generación de un buen medio tanto físico como químico permite un mayor desarrollo radicular en los primeros 15 a 30 cm de

suelo, lo que se traduce en plantas más vigorosas y de mayor desarrollo (ROBINSON, 1988).

Otra ventaja del uso de *mulch* es la disminución de las fluctuaciones de temperatura del suelo, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Esto genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en áreas de veranos muy cálidos (FOSHEE et al., 1996).

El efecto del uso de *mulch* sobre la temperatura del suelo depende del material utilizado, ya que cada *mulch* genera su propio régimen, siendo, sin embargo, la temperatura diurna más baja y la nocturna levemente más alta que el suelo descubierto, existiendo así, una menor fluctuación de temperatura diaria. Existe un menor efecto del *mulch* sobre la variación de la temperatura estacional que sobre la variación diaria (ROBINSON, 1988).

### 2.3.2. Desventajas de su uso

La gran cantidad de *mulch* que se requiere aplicar por hectárea, exceptuando el originado por una cobertura establecida, de los diferentes materiales, su costo y su transporte son las principales limitantes (ROBINSON, 1988).

Otras desventajas son el aumento de riesgo de heladas al no permitir el calentamiento del suelo, y en caso de que sea traído desde fuera del huerto, la incorporación de semillas de malezas y la posible presencia de contaminantes en el *mulch* como metales pesados que se pudieran llegar a acumular en los frutos, llegando a ser peligrosos para el consumidor (TURNEY y MENGE, 1998).

La reducción del efecto de los herbicidas suelo activo, debido al proceso de adsorción de éstos por el material del *mulch*, constituye otro problema de su uso. Lo anterior depende de la capacidad de intercambio catiónico del material. Es así como la turba reduce el efecto de los herbicidas suelo activo (ROBINSON, 1988).

Por otra parte, la utilización de algunos materiales como mulch, si no es realizada con buenos manejos, puede generar una capa de materia orgánica impermeable que atrape mucha humedad provocando condiciones que predisponen a una rápida muerte de las raíces alimenticias del palto (ROBINSON, 1988).

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1. Ubicación del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en un huerto de paltos, ubicados en el sector 16 de riego de la estación Experimental La Palma, Provincia de Quillota, V Región, Chile (32°50' Latitud Sur y 71°13' Longitud Este).

##### 3.1.1. Características climáticas del lugar

Quillota posee un clima mediterráneo. Se ubica en la región de los valles transversales que se caracterizan por tener veranos secos y cálidos bien definidos, influenciado por vientos alisios o por vientos subtropicales variables. Los inviernos son lluviosos, debido a la acción del frente polar. De acuerdo a la clasificación de Köeppen, Quillota está dentro de la notación c5b1, que corresponde a clima templado cálido con estación seca prolongada (7 a 8 meses), con temperatura media mensual superior a 10°C por más de 4 meses (MARTÍNEZ, 1981).

La temperatura media anual es de 15,3°C con una máxima media del mes más cálido correspondiente a enero de 27°C y una mínima media del mes más frío, correspondiente a julio, de 5,5°C. El período libre de heladas aprovechable es de nueve meses, de septiembre a mayo, siendo la suma anual de temperaturas base 5°C de 3700 grados día y base 10°C, 1900 grados día (NOVOA et al., 1989).

Durante los meses de invierno se registran temperaturas inferiores a 0°C; sin embargo, su duración no es prolongada, por lo que el cultivo de especies frutales y hortícolas susceptibles a daños por bajas temperaturas es factible (MARTÍNEZ, 1981).

En la zona correspondiente a la cuenca del río Aconcagua, se observa gran número de oscilaciones diarias de temperatura. Esta amplitud, que se traduce en la

inexistencia de períodos prolongados de calor o frío, debe explicarse por la influencia de la Cordillera de Los Andes (MARTÍNEZ, 1981).

La precipitación anual alcanza los 437 mm, siendo junio el mes más lluvioso con 125 mm. La evaporación media llega a 1361 mm anuales, con un máximo mensual en diciembre de 219,3 mm y un mínimo en junio con 36,1 mm (NOVOA et al., 1989).

La humedad relativa es alta y uniforme a lo largo del año, presentándose en forma más alta en los meses de invierno y durante las primeras horas de la mañana (MARTÍNEZ, 1981).

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material vegetal

El ensayo se realizó en paltos del cultivar Hass, portainjerto Mexícola de dos años de edad, plantados a 5x5 metros. Se escogieron árboles ubicados en el mismo sector de riego para homogeneizar la unidad experimental. La superficie utilizada fue de 0.6 ha con un total de 240 árboles.

Las coberturas sembradas fueron *Avena sativa* variedad Nehuén en dosis de 80 kg/há y *Vicia atropurpúrea* en dosis de 60 kg/há.

### 3.2.2. Otros materiales

- Cuadrante de 50 x 50 cm
- Bolsas de papel café de 7 litros de capacidad
- Estufa
- Balanza digital de precisión de 0.01 gr

- Termómetro de suelo marca Hanna
  - Barreno de cilindro
  - Barreno de densidad aparente
  - Picadora
  - Segadora de césped marca Gravely
  - Estacas de madera
- 
- Pie de metro

### 3.3. Método 3.3.1.

#### Tratamientos

El ensayo estuvo formado por tres tratamientos y un testigo. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, distribuidas al azar. Cada repetición estuvo formada por un grupo de 15 árboles, distribuidos en tres camellones, formando un rectángulo de 10 x 20 m (Figura 1).

Los tratamientos fueron:

- a) Siembra de avena
- b) Siembra de vicia
- c) Siembra de mezcla de avena y vicia

La siembra se realizó al voleo el 12 de abril de 2000, dejando 50 cm a cada lado de los árboles sin sembrar, debido a que ahí no se rastreó para evitar rotura de raíces.

Para evitar la interacción entre los tratamientos, se dejó un camellón de borde entre cada uno de ellos y en los distintos tratamientos ubicados en la misma hilera, se dejaron 5 m de distancia de separación.

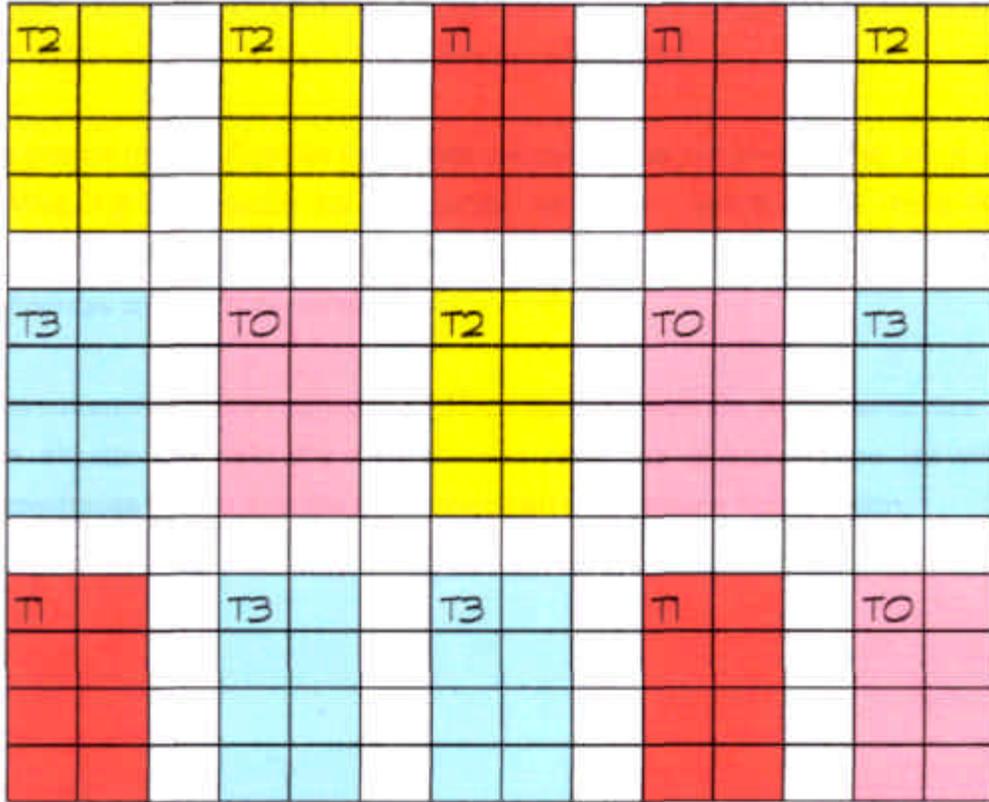


Figura 1. Esquema de distribución de los distintos tratamientos.

Distancia de plantación: 5 x 5 m. T0=  
 Testigo T1= Vicia T2= Avena + Vicia  
 T3= Avena

Cada vértice de los cuadrados representa un árbol.

El sistema de riego original que tenían los árboles era de 1 microaspersor por árbol ubicado al lado del tronco. Previo a la siembra, la línea de riego se movió de manera que el microaspersor quedara entremedio de dos árboles y así se pudiera

regar una mayor superficie del camellón. Además, se les puso rotor a los microaspersores. La cantidad de agua entregada al sector se aumentó alargando los riegos en un 50% más (de 2 a 3 horas semanales).

Se realizó una fertilización base para las coberturas pre siembra de 100  $UP_2O_5$  y 50 UN/há. La fertilización de los paltos se realizó aplicando la dosis necesaria directamente bajo el árbol en lugar de aplicar vía riego para evitar competencia por nutrientes con las coberturas.

Las coberturas fueron cortadas el 25 de agosto mediante dos tratamientos: la mitad fue segada con máquina Gravely y el resto fue picada. Todas las coberturas cosechadas fueron dejadas como *mulch* en los costados del camellón.



Figura 2. *Vicia atropurpurea* a los 20 días de sembrada.



Figura 3. *Avena sativa* a los 20 días de sembrada.



Figura 4. Siega de *avena* (25 de agosto del 2000).



Figura 5. *Vicia segada* (25 de agosto de 2000)

### 3.3.2. Variables del suelo

Para evaluar el efecto de los cultivos de cobertura en el suelo, se evaluaron los cambios a través del tiempo de su Densidad Aparente, pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Relación Carbono/Nitrógeno, Temperatura y Curva característica de humedad.

#### a) Densidad aparente:

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 30 cm, con barreno de densidad aparente de volumen de  $98.17 \text{ cm}^3$ , en cada parcela de los distintos tratamientos. Esto se realizó a fines de cada estación del año. Las muestras fueron llevadas al laboratorio y puestas a secar en estufa a  $102^\circ\text{C}$  por 24 hrs.

Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una balanza.

#### b) pH:

Se tomaron muestras mensuales de suelo con barreno y fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Valparaíso para ser analizadas mediante un medidor de pH con un electrodo combinado de vidrio-calomelano.

#### c) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):

Se tomaron muestras mensuales de suelo con barreno y fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Valparaíso para ser analizadas mediante saturación con Acetato de Sodio.

#### d) Relación Carbono/Nitrógeno:

Se tomaron muestras mensuales de suelo con el barreno y fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Valparaíso para ser analizadas.

El Nitrógeno se determinó mediante la Digestión de Kjeldahl y el Carbono fue obtenido por una combustión húmeda de la materia orgánica con Dicromato y Ácido Sulfúrico.

e) Temperatura:

Se midió a una profundidad de 30 cm dos veces por semana a tres distintas horas del día.

f) Curva característica de humedad:

Se tomaron muestras de suelo con barreno, a salida de invierno, el 20 de septiembre antes del comienzo del crecimiento radicular y el 27 de diciembre, a fines de primavera y del crecimiento radicular. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos determinando en una olla a presión el contenido de humedad de las muestras a distintas tensiones (0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 y 0.6 bar).

### 3.3.3. Variables del árbol a)

Densidad radical:

Se tomaron muestras de suelo con barreno de densidad aparente de volumen de  $98.17 \text{ cm}^3$ , a 30 cm de profundidad y a dos distancias (35 y 70 cm) del tronco del árbol. Esto se realizó el 20 de septiembre, a salida de invierno, antes del comienzo del crecimiento radicular y el 27 de diciembre, a fines de primavera y del crecimiento radicular. Se contó el número de raíces presentes en cada muestra. Los árboles muestreados fueron los tres del centro de cada parcela, debido a que el resto no estaba totalmente influenciado por la cobertura.

b) Diámetro de las raíces:

Se tomaron muestras de suelo con barreno de densidad aparente de volumen de 98.17 cm<sup>3</sup>, a 30 cm de profundidad y a dos distancias (35 y 70 cm) del tronco del árbol. Esto se realizó el 20 de septiembre a salida de invierno, antes del comienzo del crecimiento radicular y el 27 de diciembre, a fines de primavera y del crecimiento radicular. Los árboles muestreados fueron los tres del centro de cada parcela, ya que el resto no estaba totalmente influenciado por la cobertura. Se clasificaron las raíces presentes en cada muestra según la categorización realizada por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías y diámetro de raíces de palto determinadas por CAUTÍN (1998) (datos son publicar)

<b>Categoría</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
<b>Muy pequeña</b>	<b>0 a 0,5</b>
<b>Pequeña</b>	<b>0,6 a 1,3</b>
<b>Mediana</b>	<b>1,4 a 2,2</b>
<b>Grande</b>	<b>2,3 o más</b>

c) Cuaja:

En los tres árboles centrales de cada parcela, se dividió cada cara del árbol en cuatro cuadrantes. En cada cara, se eligió un cuadrante al azar, se marcó y contabilizó el número de puntos de floración presentes en el cuadrante de 50x50 cm, lo que se realizó el 22 de septiembre. El 27 de octubre se contó el número de panículas y flores por panícula presentes en los cuadrantes marcados. Posteriormente, una vez terminada la caída natural, se contó el número de frutos que esas panículas tenían.

#### 3.3.4. Variables de la cobertura

##### a) Aporte de materia seca:

Se tomaron muestras antes de la siega usando el cuadrante, luego se pesaron y se llevaron a la estufa a 65°C por 24 hrs, para posteriormente determinar el peso seco.

##### b) Degradación:

Después de cortadas las coberturas, se establecieron dos estacas al azar por parcela y se midió semanalmente la altura del *mulch*.

##### c) Presencia de malezas

En diciembre, se realizó una apreciación visual de la presencia de malezas en cada uno de los tratamientos y se determinó porcentualmente la cantidad presente en un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>.

#### 3.4. Costo de implantación del sistema

Se realizó un cuadro de costos (Anexo 1) del ensayo para posteriormente comparar con el ingreso adicional, en caso que se presente un mayor número de frutos.

#### 3.5. Diseño experimental

Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones.

El análisis estadístico utilizado para las variables diámetro y densidad de raíces (por fecha de muestreo), cuaja, temperatura de suelo, aporte de materia seca de las coberturas y densidad aparente estacional fue un modelo Completamente al Azar.

Para la degradación del *mulch*, densidad y diámetro de raíces (tomando ambas fechas de muestreo), densidad aparente anual, Capacidad de Intercambio Catiónico, pH y Relación Carbono/Nitrógeno del suelo, se aplicó un modelo Completamente al Azar con arreglo multifactorial.

En los casos de diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó una comparación de medias mediante el *Test* de Tuckey al 5%.

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Suelo 4.1.1. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo se ve disminuida y con ello mejoradas la estructura y porosidad por la adición de materia orgánica en forma de *mulch*, lo que se debe a una agregación de las partículas finas de arcilla que forman partículas más grandes, del tamaño de las partículas de arena. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos que actúan en forma cementante, uniendo partículas de suelo, formando agregados estables lo que permite el movimiento de gases tales como CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en él, aumentando la fertilidad del suelo (TURNEY y MENGE, 1994).

Después de determinar la densidad aparente, al analizar las tres épocas muestreadas, se observó que hubo efecto de la época de muestreo, pero no existió diferencia entre los distintos tratamientos, ni tampoco un efecto conjunto de los dos factores (Cuadro 1). Esto concuerda con las diferencias no significativas de densidad aparente de suelos tratados con *mulch* y suelos desnudos obtenidos por TUKEY y SCHOFF (1963).

La densidad aparente presentada a fines de otoño fue significativamente distinta a las de fines de invierno y primavera. Esta diferencia se debe a que en otoño estaban presentes las coberturas y aún no se habían cosechado y dejado como *mulch*, presentándose en esa fecha los mayores valores de densidad aparente de todos los tratamientos. INGELS (1994) señala que los cultivos de cobertura y la materia orgánica incrementan la porosidad del suelo, por lo tanto, se esperaba que a fines de otoño y de primavera se presentaran los menores valores de densidad aparente, debido a que en otoño estaban las coberturas y en primavera ya había comenzado la degradación de los mulches (Figura 32).

CUADRO 1. Densidad aparente del suelo bajo distintos tratamientos de *mulch* en las distintas estaciones del año muestreadas.

Tratamiento	Densidad aparente (g/cc)					
	Otoño		Invierno		Primavera	
Avena-vicia segada	1,67	a	1,57	b	1,64	b
Avena-vicia picada	1,67	a	1,53	b	1,55	b
Vicia segada	1,6	a	1,51	b	1,54	b
Vicia picada	1,6	a	1,55	b	1,59	b
Avena segada	1,63	a	1,47	b	1,57	b
Avena picada	1,63	a	1,57	b	1,59	b
Testigo	1,71	a	1,57	b	1,56	b
Media	1,59					

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

En la Figura 6, se observa que en todos los tratamientos los valores de densidad aparente a fines de invierno son menores que los de otoño y de primavera, lo que se explica principalmente por el mayor contenido de agua en el espacio poroso del suelo producto de las lluvias invernales (Anexo 2). Así, el volumen de las muestras tomadas en esas fechas contenían una mayor cantidad de agua que se evaporó al secar las muestras.

A estos factores debe sumarse el hecho que en la fecha en que fueron tomadas las muestras a fines de invierno, las coberturas recién habían sido cortadas y establecidas como *mulch* sobre el suelo lo que disminuye la evaporación del agua desde la superficie.

En la Figura 6, también se puede observar que en todos los tratamientos, excepto el testigo, los valores de densidad aparente de fines de invierno aumentan hacia la primavera, aunque no alcanzan sus valores iniciales. El comportamiento diferente, aunque no significativo, por parte del testigo es contrario a lo señalado por TURNEY Y MENGE (1994), debido a que su contenido de materia orgánica era menor, lo que es respaldado por la menor relación C/N del suelo del testigo en el mes de

diciembre (Figura 9). Sin embargo, TUKEY y SCHOFF (1963) observaron mayor espacio poroso en el suelo limpio en comparación con suelos tratados con mulch.

Al analizar cada estación individualmente, no se obtuvo diferencia significativa entre los distintos tratamientos en las muestras tomadas a fines de invierno, de primavera y a fines de otoño.

En el Anexo 3, se presentan los valores de Densidad Aparente obtenidos en las distintas fechas de medición.

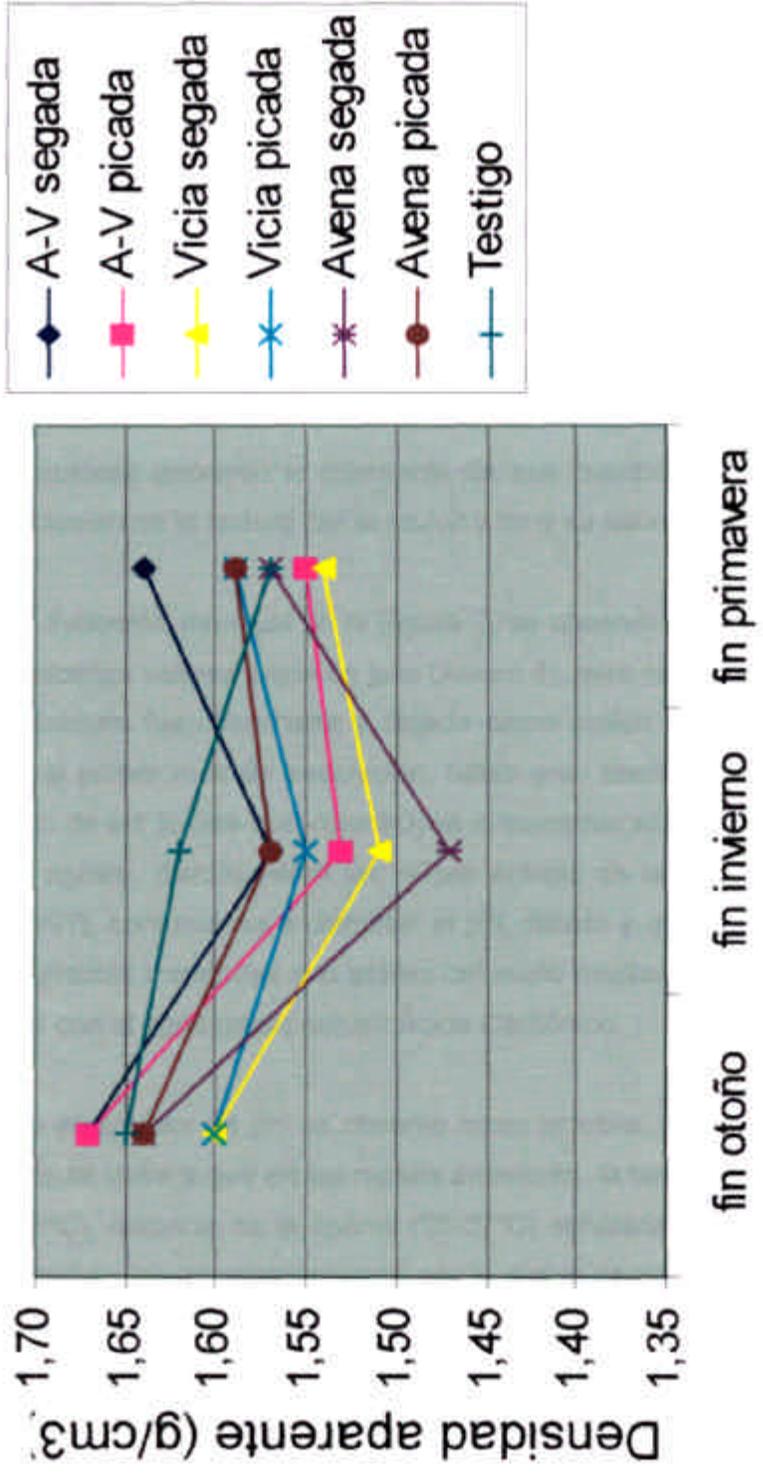


FIGURA 6. Evolución estacional de la densidad aparente (g/cc) del suelo bajo coberturas y testigo.

#### 4.1.2. pH

No se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos durante todo el período de medición. Esto concuerda con los resultados obtenidos por TUKEY y SCHOFF (1963), donde señalan que la falta de diferencia significativa de los valores de pH obtenidos en sus ensayos, indica que el efecto primario del *mulch* es de tipo físico y no químico en el ambiente del suelo. Esto puede ser confirmado por la falta de diferencia significativa de los distintos tratamientos de este ensayo en los análisis de Capacidad de intercambio Catiónico y de relación C/N del suelo.

Los mismos autores atribuyen la diferencia de sus resultados observados en las plantas a efectos sobre la textura por el *mulch* y no a su tasa de descomposición.

Al analizar la evolución mensual en la Figura 7, se observa que el pH de todos los tratamientos alcanza valores bajos en julio (Anexo 4), pero aumenta en agosto, mes en que la cobertura fue cosechada y dejada como *mulch*. Esto puede explicarse dado que en el primer mes de evaluación, había gran cantidad de humedad en el suelo producto de las lluvias que contribuyen a aumentar el pH (Anexo 2). Por otra parte, desde agosto, disminuyeron las raíces activas de la cobertura que, según PLASTER (1997), contribuirían a disminuir el pH, debido a que la respiración de las raíces de las plantas contribuye a la acidez del suelo mediante la liberación de CO<sub>2</sub> que reacciona con el agua para producir Ácido Carbónico.

El incremento en el valor de pH se observa hasta octubre, mes donde comienza a disminuir. Esto se debe a que en los meses anteriores, la temperatura de suelo aún era baja (16.5°C), respecto de la óptima (25-37°C) señalada por PLASTER (1997), para la actividad de los microorganismos, por lo que la degradación del material fue escasa. El menor valor de pH de todos los tratamientos se observa en noviembre, mes en que la Capacidad de Intercambio Catiónico y la relación C/N del suelo comienzan a aumentar (Figuras 8 y 9). Los tratamientos de vicia segada y avena-vicia segada presentaron la disminución en octubre, presentando un

comportamiento más acidificante. ROMERO (2000) señala que las leguminosas tienen menor contenido de celulosa y hemicelulosa que las gramíneas, por lo que pueden presentar un mayor efecto acidificante. El valor mínimo de pH puede explicarse por el aumento en la degradación de la materia orgánica y el aumento de la actividad radicular del palto a partir del mes de octubre.

Según las Figuras 7, 8 y 9, se podría suponer que la degradación del mulch comenzó en el mes de octubre. SATTEL et al (1999) señalan que la vicia, al asociarse con gramíneas, disminuye la relación C/N de la mezcla, acelerando la descomposición. Sin embargo, los valores de CIC y relación C/N de dicho mes, no demuestran un adelanto en el inicio de la degradación del *mulch* con respecto de los otros tratamientos.

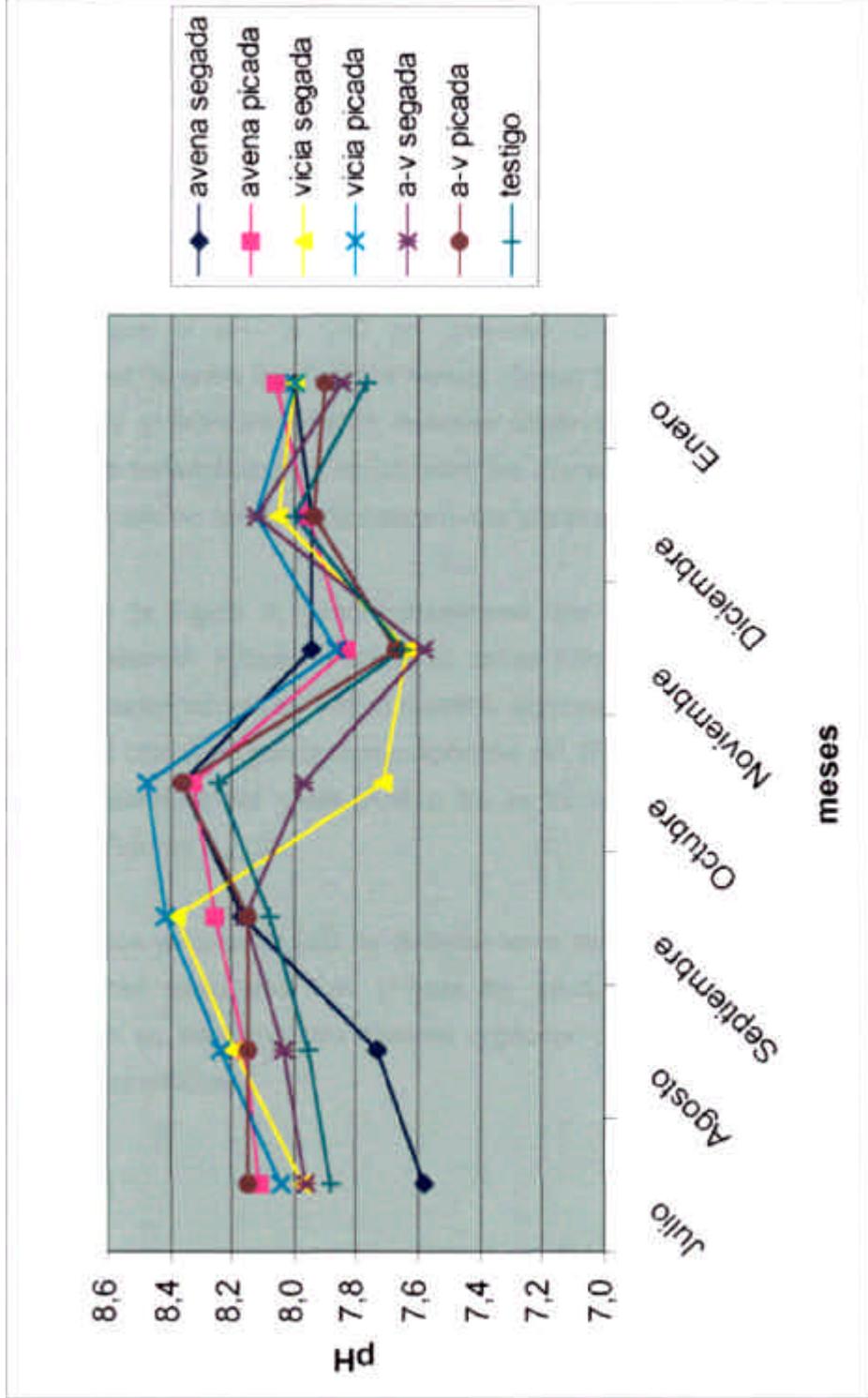


FIGURA 7. Evolución mensual del pH del suelo bajo distintos tratamientos de *mulch*.

#### 4.1.3. Capacidad de Intercambio Catiónico

PLASTER (1997) señala que la capacidad del suelo para retener nutrientes está directamente relacionada con el número de cationes que puede atraer a los coloides del suelo. Este valor se determina por la cantidad de arcilla, el tipo de la misma y la cantidad de humus, por lo tanto, al aumentar el contenido de materia orgánica, aumentan los coloides.

Al igual que el pH, la CIC no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre los distintos meses (Anexo 5). Esto concuerda con lo obtenido por TUKEY y SCHOFF (1963), quienes observaron mayores valores de CIC en suelos bajo tratamientos de *mulch*, pero las diferencias con los valores presentados en suelo limpio no fueron estadísticamente significativas.

Al analizar la Figura 8, puede observarse que todos los tratamientos siguen la misma tendencia. Existe un aumento desde julio hasta septiembre, similar al pH. Luego todas las curvas sufren un quiebre, algunas en octubre y otras en noviembre, meses que coinciden con la disminución del pH. En estos meses, debido al aumento de la temperatura del suelo (Anexo 6), se inicia la degradación de los distintos mulches (Figuras 9 y 32).

Los máximos valores de CIC se obtienen en el mes de diciembre, coincidiendo con las máximas relaciones C/N (Figura 9), producto de que el suelo ya había aumentado su contenido de materia orgánica y, por lo tanto, su capacidad de intercambiar cationes.

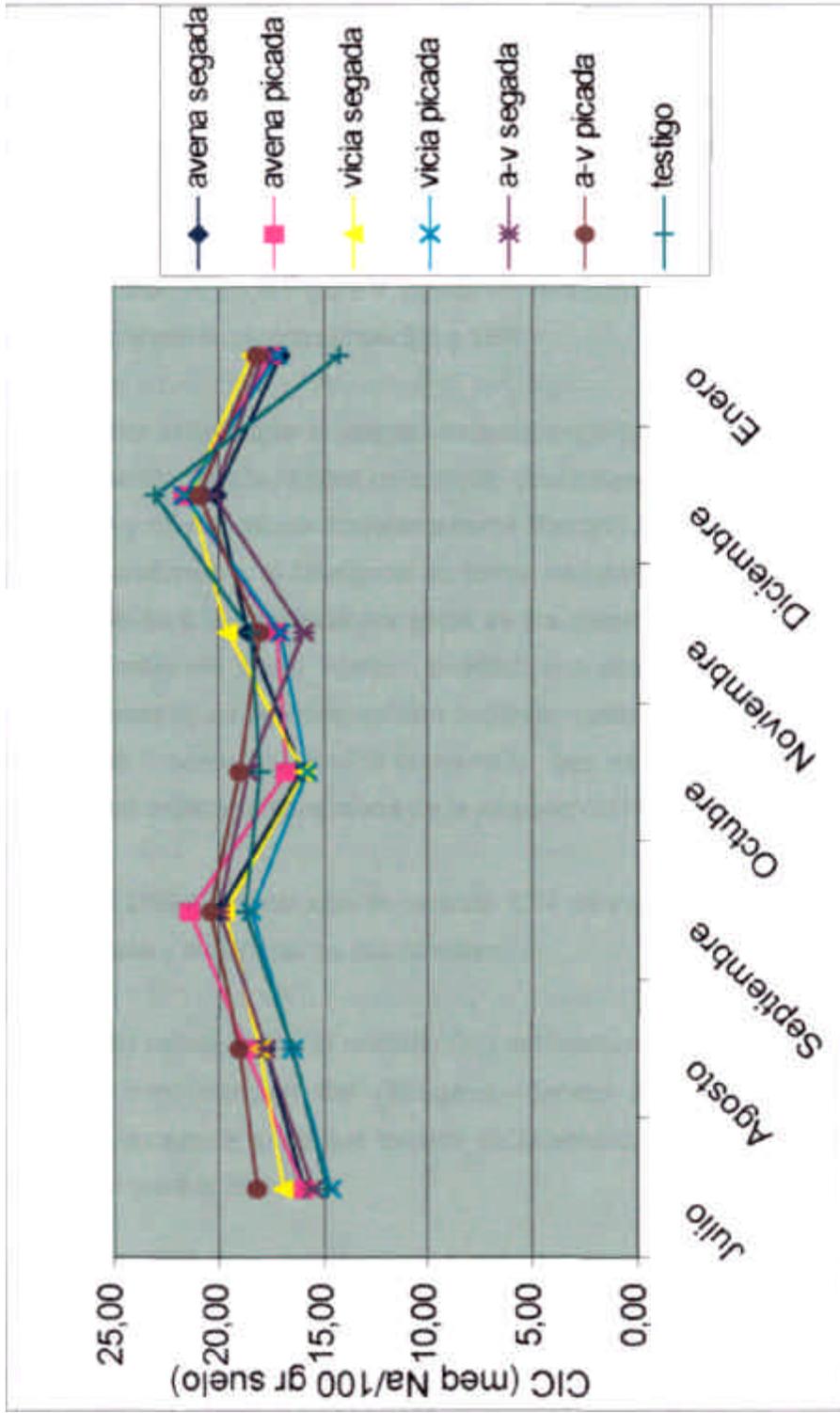


FIGURA 8. Evolución mensual de la Capacidad de Intercambio Cationico del suelo bajo distintos tratamientos de mulch.

#### 4.1.4. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación C/N en los suelos cultivados generalmente va desde 8/1 a 15/1 y su variación está relacionada con las condiciones climáticas, especialmente la temperatura, cantidad y distribución de lluvias (BUCKMAN, 1993).

Lo anterior concuerda con los valores obtenidos en los distintos tratamientos (Anexo 7), como se observa en la Figura 9, donde las relaciones C/N que se presentaron en los distintos meses fluctuaron entre 8/1 y 15/1.

El mismo autor señala que al aplicar residuos orgánicos con una alta relación C/N ocurre un cambio donde la flora heterótrofa (bacterias, hongos y actinomicetes) se vuelve activa y se reproduce aceleradamente liberando CO<sub>2</sub> en grandes cantidades. Bajo estas condiciones, el Nitrógeno en forma de nitrato prácticamente desaparece del suelo, debido a la demanda por parte de los microorganismos para fabricar sus tejidos y al cabo de cierto tiempo, el Nitrógeno está en pequeñísima cantidad. Mientras el proceso de descomposición continúa, tanto el C como el N están sujetos a pérdidas, el C como CO<sub>2</sub> y el N como NO<sub>3</sub> que es lixiviado o absorbido por las plantas, lo que explica la constancia de la relación C/N del suelo.

HONORATO (1994) señala que la relación C/N de los residuos alcanza a 23/1 en las leguminosas y a 60/1 en las gramíneas.

ATTRA (1999) señala que si la relación C/N del residuo aplicado es superior a 30/1, se produce inmovilización del Nitrógeno, debido a que los microorganismos requieren de un aporte extra que extraen de la solución del suelo, disminuyendo su disponibilidad para el cultivo.

Al analizar la Figura 9, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, ni entre los distintos meses, pero sí se puede observar que en los primeros meses, desde agosto hasta noviembre, todos los tratamientos siguen la

misma tendencia. Los meses de julio y agosto son muy similares, debido a que las coberturas no se cosecharon hasta fines de agosto. En septiembre, se observa una disminución en la relación C/N, lo que coincide con un aumento de la temperatura del suelo (Anexo 6) en comparación con los meses anteriores, acercándose a la temperatura óptima para los microorganismos señalada por PLASTER (1997). La menor relación observada podría atribuirse a un consumo del carbono del suelo por parte de los microorganismos que incrementaron su actividad producto del aumento de temperatura, sin haber comenzado la degradación de los mulches aún (Figura 32). A partir de este mes, se observó un aumento en la relación, debido al aumento de carbono producto de la degradación, coincidiendo con el sostenido aumento de la temperatura de suelo, hasta llegar a un valor máximo en diciembre, que coincide con la máxima capacidad de intercambio catiónico obtenida (Figura 8).

Cabe destacar que en el mes de diciembre, el testigo presentó una disminución de su relación C/N, en lugar de aumentar. Aunque el testigo no tuvo adición de materia orgánica, al aumentar la temperatura de suelo a partir de octubre, se incrementó la actividad de los microorganismos; por lo tanto, debido al consumo de carbono, disminuyó su relación C/N.

El comportamiento del tratamiento de vicia picada es relativamente estable a lo largo de la curva, lo cual podría deberse a que la vicia es una planta de poco desarrollo en la época otoño-invierno, lo que se demuestra al ser el tratamiento con menor aporte de materia seca (Anexo 8); si a esto se le agrega el tratamiento de picado, donde el volumen de *mulch* aplicado no fue importante (Anexo 9), probablemente dicho volumen no fue suficiente como para producir una variación en la relación C/N del suelo.

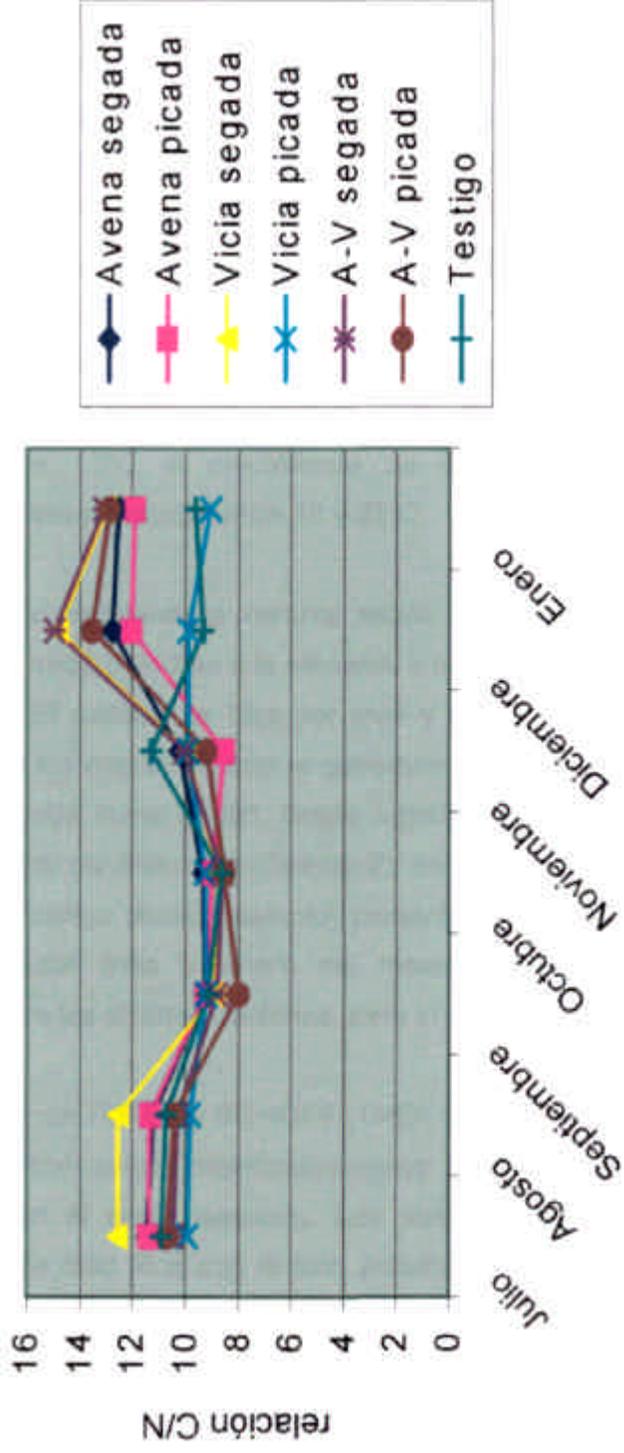


FIGURA 9. Evolución mensual de la relación Carbono/Nitrógeno del suelo bajo distintos tratamientos de *mulch*.

#### 4.1.5. Temperatura

La temperatura de suelo afecta la actividad metabólica de las raíces, la absorción radical, las reacciones químicas que ocurren en el suelo y la actividad de los microorganismos. Los factores externos que la influyen son la radiación incidente (solar y/o terrestre), temperatura del aire, humedad del viento, velocidad del viento, cubierta vegetal y rugosidad de la superficie (HONORATO, 1994).

WHILEY y WINSTON (1987) realizaron un ensayo para verificar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento radicular del palto. Los resultados indicaron que a temperaturas de 13°C el crecimiento se deprime, encontrándose el mayor crecimiento con temperaturas entre 18 y 23°C.

Debido a que la temperatura cambia según la época del año, hora del día y profundidad, se midió tres días a la semana, a tres horas distintas: 9 am., 12 pm. y 5 pm. (Anexo 6). El análisis se hizo por mes y por hora, sin encontrar diferencias significativas en los meses en que la cobertura aún no había sido cosechada. Una vez que fue dejada como *mulch*, desde agosto en adelante, sólo se presentaron diferencias a partir de diciembre (Cuadro 2), en la temperatura medida a las 5 de la tarde, donde el testigo (suelo desnudo) presentó 0.6°C más que la temperatura de los mulches. Este mes y enero no mostraron diferencias significativas de temperatura entre los distintos mulches, pero sí con el testigo (Cuadros 2, 3, 4 y 5).

Esto concuerda con TUKEY y SCHOFF (1963) que describieron en sus tratamientos de mulch, temperaturas significativamente menores durante el verano en comparación con el suelo desnudo. Los suelos cubiertos eran durante el día, significativamente más fríos que el aire. Además, no encontraron diferencias entre los distintos mulches analizados.

ROBINSON (1988) señala que el efecto del uso de *mulch* sobre la temperatura de suelo depende del material utilizado, ya que cada *mulch* genera su propio régimen,

siendo la temperatura diurna más baja y la nocturna levemente más alta que el suelo descubierto, existiendo de esta forma, una menor fluctuación de temperatura diaria.

Al analizar la evolución mensual de las temperaturas en las Figuras 10, 11 y 12, las temperaturas sobre 13°C, necesarias para el crecimiento de las raíces, se presentan a partir de septiembre. Según el ciclo fenológico descrito por TAPIA (1993), el crecimiento radicular en Quillota comienza alrededor del 20 de octubre, mes en que la máxima expresión del crecimiento radicular observada fue cercana a los 17°C.

CUADRO 2. Temperaturas de suelo a 30 cm de profundidad del mes de diciembre

Tratamiento	Temperatura (°C)	
Testigo	22,14	a
Avena-Vicia	21,43	b
Vicia	21,56	b
Avena	21,56	b
Media	21,67	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 3. Temperaturas de suelo a 30 cm de profundidad del mes de enero medida a las 9 am.

Tratamiento	Temperatura (°C)	
Testigo	21.54	a
Avena-Vicia	21.07	ab
Avena	20.98	ab
Vicia	20.87	b
Media	21.12	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 4. Temperaturas de suelo a 30 cm de profundidad del mes de enero medida a las 12 pm.

Tratamiento	Temperatura (°C)	
Testigo	21.94	a
Vicia	20.87	ab
Avena	21.53	ab
Avena-Vicia	21.19	b
Media	21.38	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 5. Temperaturas de suelo a 30 cm de profundidad del mes de enero medida a las 5 pm.

Tratamiento	Temperatura (°C)	
Testigo	22.66	a
Avena	22.21	ab
Avena-Vicia	21.74	b
Vicia	22.18	b
Media	22.20	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

A pesar de presentarse diferencias significativas, las temperaturas de todos los tratamientos se encuentran en el rango óptimo para el desarrollo radicular y degradación de materia orgánica, por lo tanto, esta diferencia no implica una mayor densidad de raíces.

Por otra parte, la mayor temperatura presentada por el suelo del testigo en comparación con los suelos bajo *mulch*, no provocó un menor contenido de humedad a fines de diciembre.

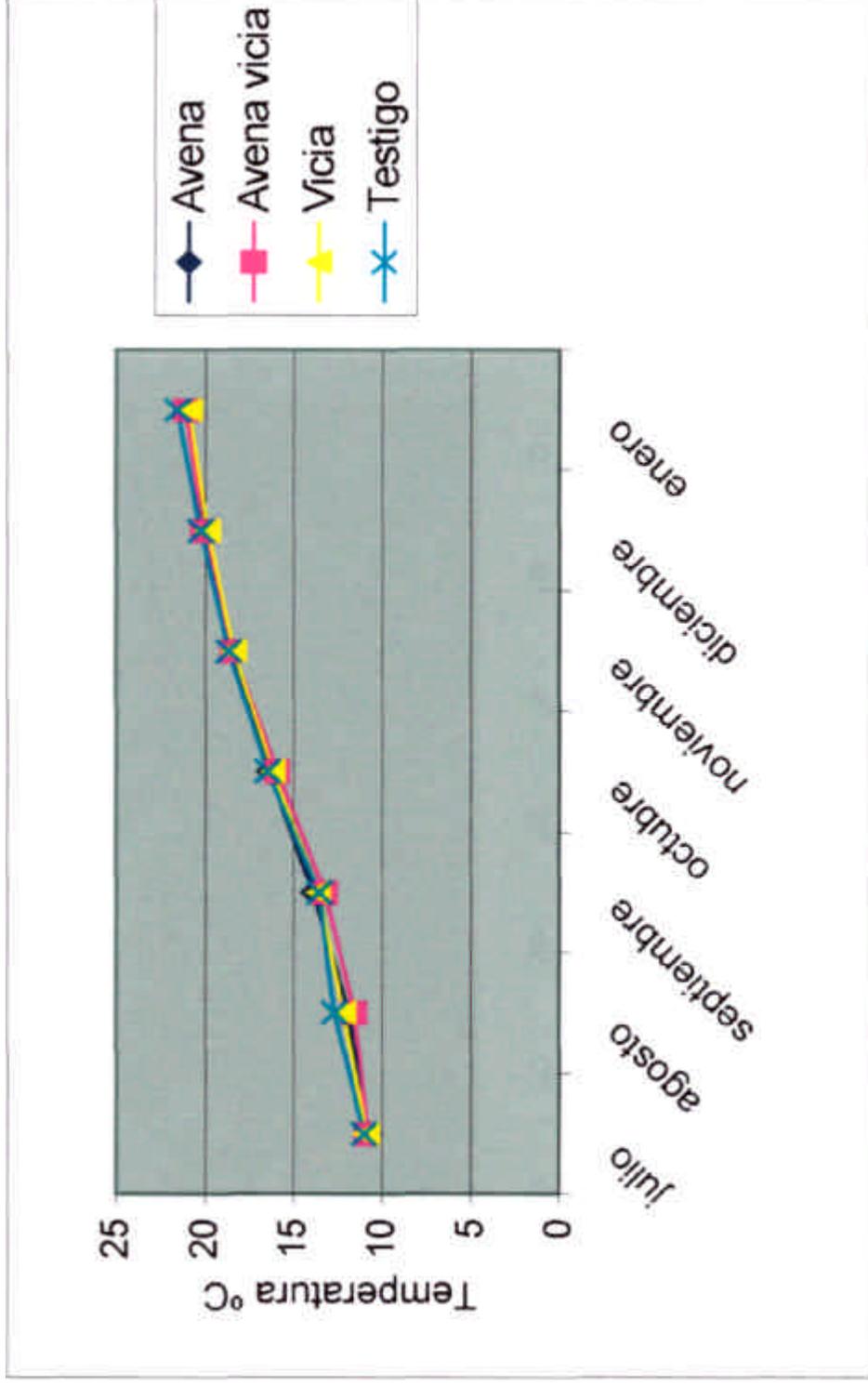


FIGURA 10. Temperatura media mensual medida a las 9 am. a 30 cm de profundidad.



FIGURA 11. Temperatura media mensual medida a las 12 pm. a 30 cm de profundidad.

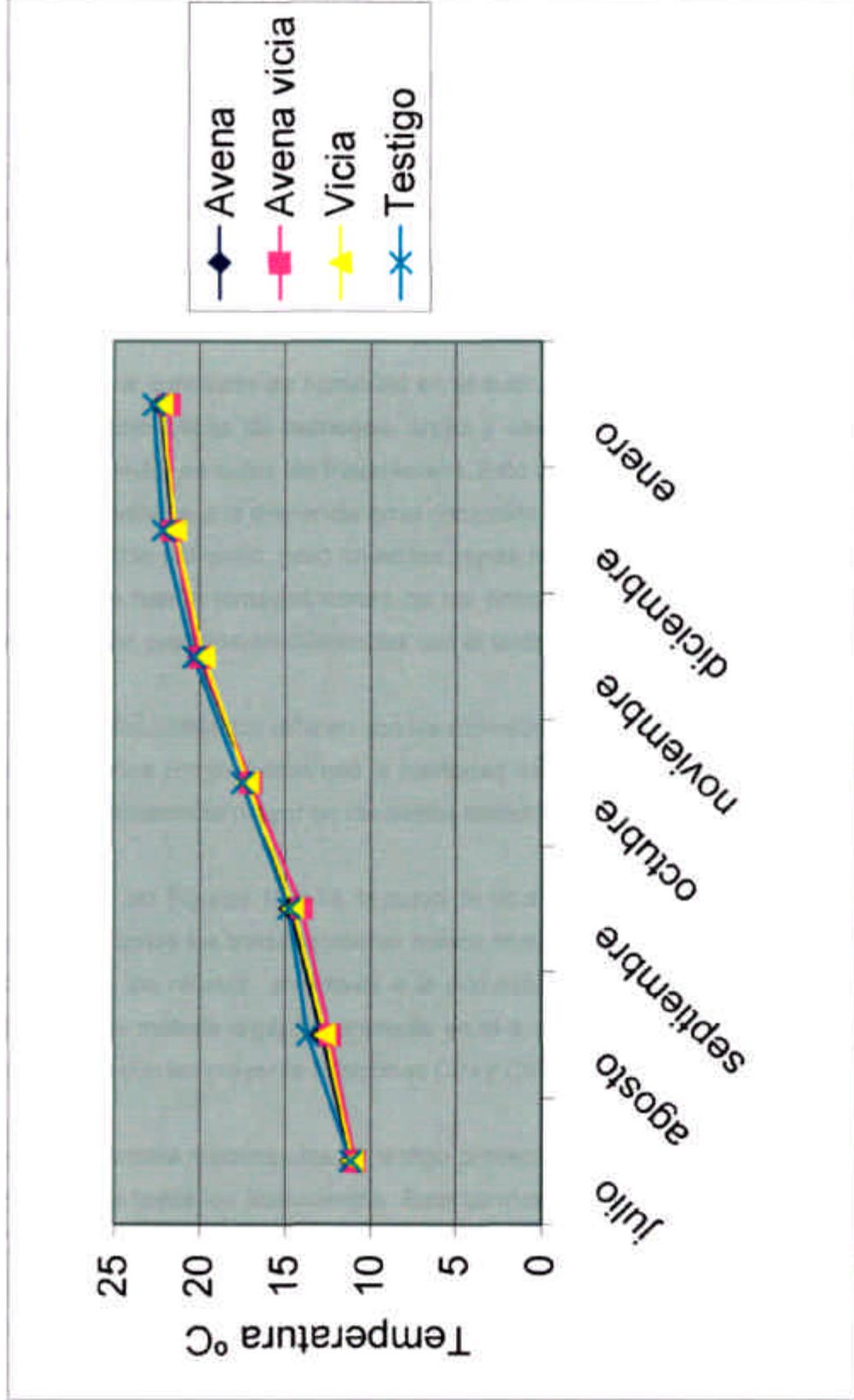


FIGURA 12. Temperatura media mensual medida a las 5 pm. a 30 cm de profundidad.

#### 4.1.6. Curva característica de humedad

TUKEY y SCHOFF (1963) señalan que los mulches alteran significativamente las relaciones de humedad del suelo. En sus resultados, los suelos con mulch tuvieron una humedad significativamente más alta en verano en comparación a suelos sin cubierta.

Al observar el contenido de humedad en el suelo, mediante la determinación de las curvas características de humedad, antes y después de la primavera, se ve una tendencia similar en todos los tratamientos. Esto concuerda con los autores citados, quienes señalan que la diferencia en el contenido de humedad del suelo se presenta en la superficie del suelo, pero no en las capas bajo ella. Las muestras de suelo de este ensayo fueron tomadas dentro de los primeros 30 cm, lo que podría explicar por qué no se presentaron diferencias con el testigo.

Los resultados obtenidos difieren con los obtenidos por GREGORIOU y RAJKUMAR (1984) quienes comprobaron que la humedad del suelo durante la temporada seca fue significativamente mayor en los suelos tratados con *mulch*.

Al comparar las Figuras 13 y 14, la curva de fin de primavera con la previa a ella, se observa en todos los tratamientos un mayor nivel de humedad a tensiones de 0.1 y 0.2 bar que los niveles anteriores a la primavera. Esto puede atribuirse al mayor contenido de materia orgánica presente en el suelo en el mes de diciembre, lo que se confirma con las mayores relaciones C/N y CIC de dicho mes.

En ambas fechas muestreadas, el testigo presentó el menor contenido de humedad a 0.1 bar de todos los tratamientos. Esto concuerda con lo señalado por TUKEY y SCHOFF (1963) quienes observaron un mayor contenido de humedad en suelos bajo *mulch* en comparación con suelos sin cubierta, debido a que disminuye las pérdidas por evaporación.

MORGAN (1996) señala que la materia orgánica aumenta la capacidad de infiltración de los suelos por lo que hubiese sido importante medir este parámetro para poder analizar mejor el contenido de humedad del suelo.

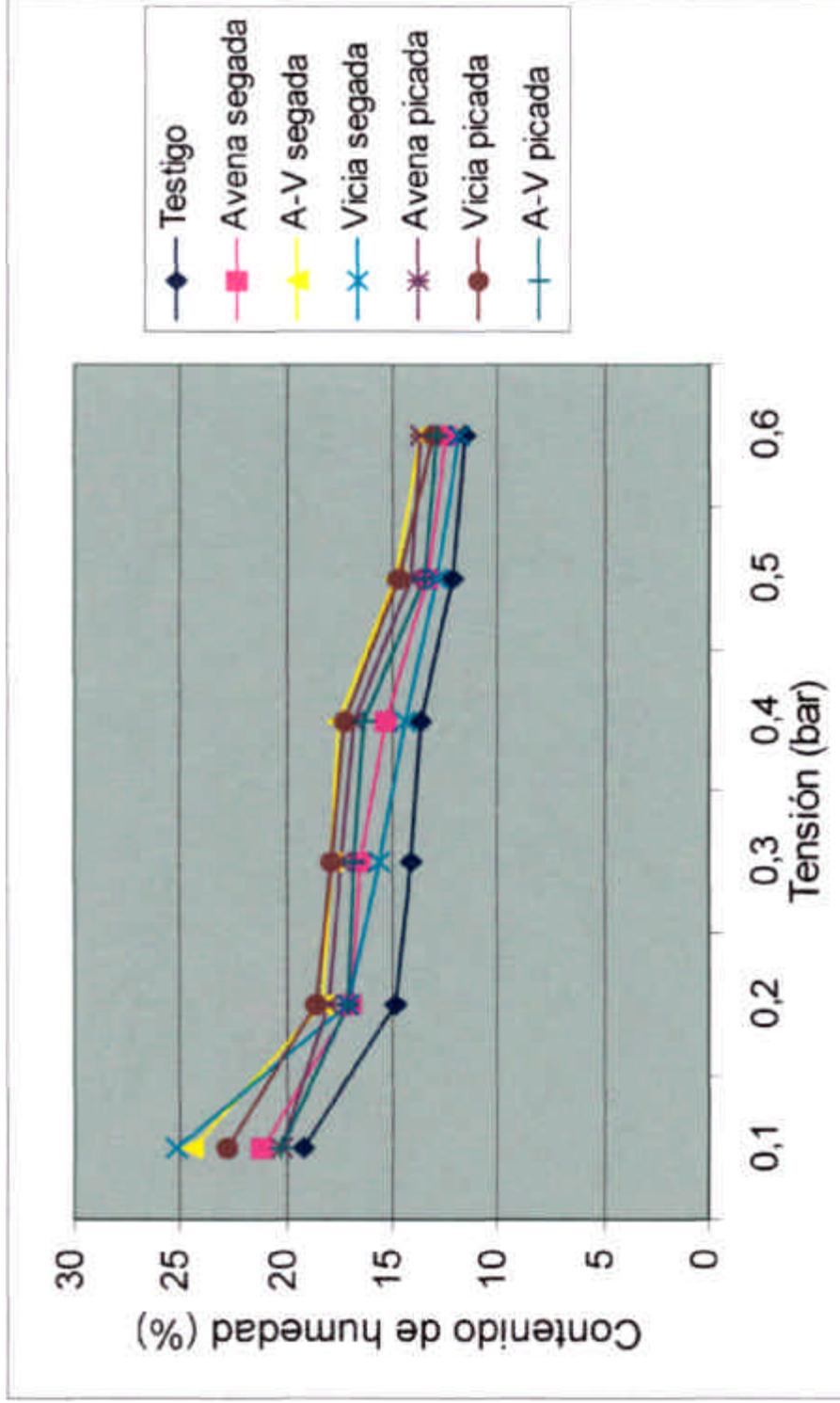


FIGURA 13. Curva característica de Humedad de suelo bajo distintos tratamientos de mulch, antes de primavera.

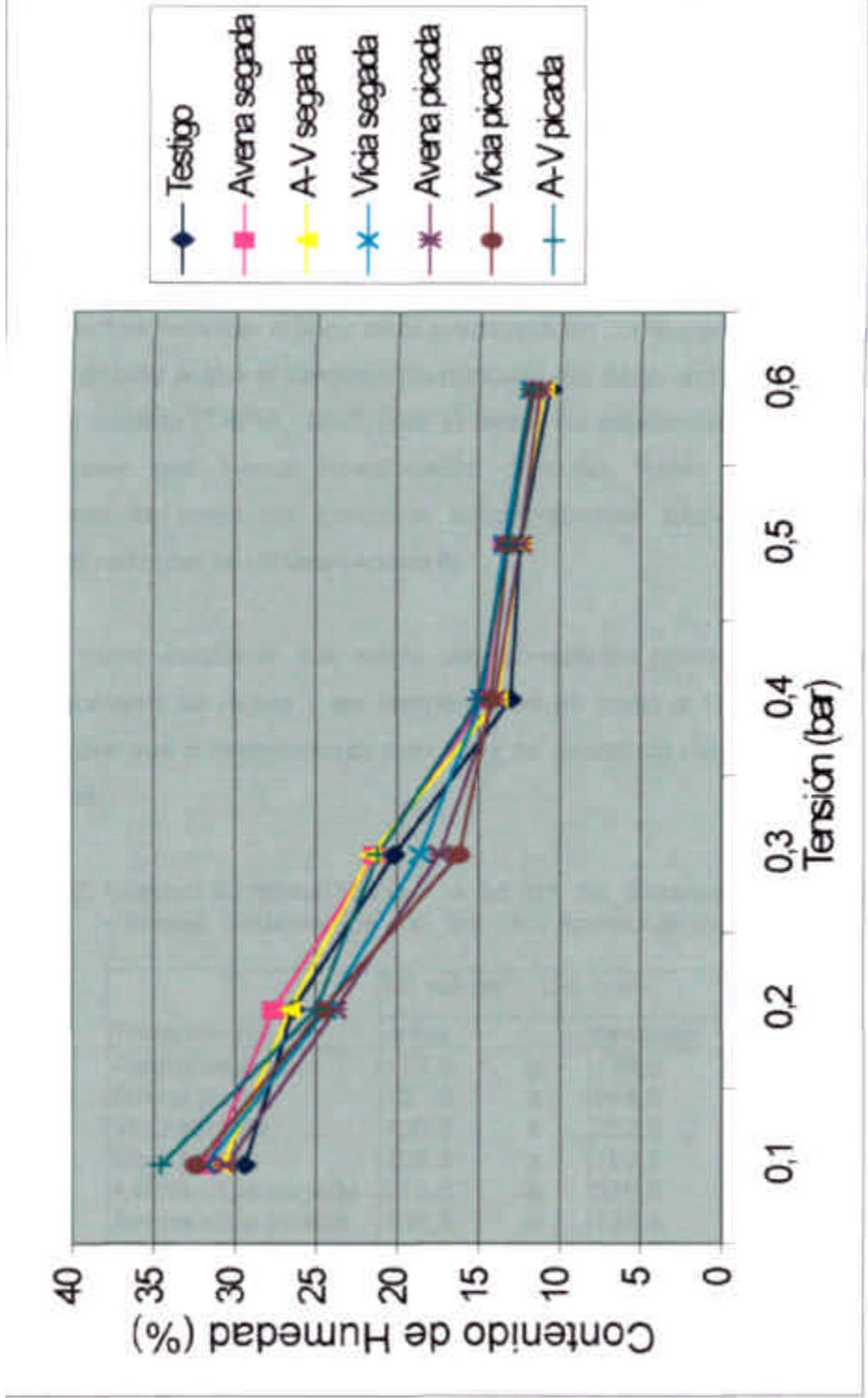


FIGURA 14. Curva característica de Humedad de suelo bajo distintos tratamientos de *mulch*, después de primavera.

## 4.2. Planta

### 4.2.1. Densidad radical

Al analizar, en las Figuras 15 y 16, el número de raíces por 100 cm<sup>3</sup> a 35 y 70 cm de distancia del tronco, tomando en cuenta ambas épocas, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, pero sí hubo efecto de la época en que fueron tomadas las muestras (Cuadros 6 y 7). Es así como existe una mayor densidad radicular a fines de la primavera en comparación con el inicio. Esto se explica debido a que el crecimiento radicular del palto comienza a mediados de octubre en Quillota (TAPIA, 1993), por lo tanto, en septiembre no existían muchas de las raíces que fueron muestreadas después. Antes de esta fecha, las temperaturas de suelo no fueron lo suficientemente altas como para que el crecimiento radicular se iniciara (Anexo 6).

El mismo autor establece que existe una correlación positiva muy alta entre el número promedio de raíces y las temperaturas de suelo a 15 cm de profundidad, observándose que a temperaturas más altas se asocia un mayor número de raíces superficiales.

CUADRO 6. Número de raíces/100 cm<sup>3</sup> a 35 cm de distancia del tronco de los distintos tratamientos en las dos épocas de muestreo.

Tratamientos	N° raíces / 100 cm <sup>3</sup>			
	antes		después	
Avena segada	129,8	a	188,5	b
Avena picada	127,8	a	244,8	b
Vicia segada	126,8	a	252,8	b
Vicia picada	105,3	a	185,2	b
Avena-Vicia segada	113,0	a	320,5	b
Avena-Vicia picada	137,3	a	194,4	b
Testigo	119,8	a	203,3	b
Media	122,8		227,1	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 7. Número de raíces/100 cm<sup>3</sup> a 70 cm de distancia del tronco de los distintos tratamientos en las dos épocas de muestreo.

Tratamientos	N° raíces / 100 cm <sup>3</sup>			
	antes		después	
Avena segada	78,3	a	245	b
Avena picada	97	a	334	b
Vicia segada	173,8	a	234,8	b
Vicia picada	121	a	331,8	b
Avena-Vicia segada	109,25	a	297	b
Avena-Vicia picada	137,3	a	192,5	b
Testigo	51,8	a	259,5	b
Media	109,2		270,6	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

El hecho que no existan diferencias significativas entre los distintos tratamientos al inicio de la primavera se debe a que en el mes de septiembre, cuando fueron tomadas las muestras, la degradación del *mulch* fue escasa (Figura 32), por lo que el efecto de la materia orgánica no se había presentado. Las muestras tomadas al finalizar la primavera fueron extraídas a fines de diciembre, mes en que se presentaron los mayores valores de relación C/N en el suelo, pero no se muestreo posterior a esta fecha. Según lo descrito por TAPIA (1993), el crecimiento radicular del palto alcanza su pie en enero y se extiende hasta mayo. Probablemente en enero, con un mayor efecto de la materia orgánica más degradada y con mayores temperaturas de suelo, se podría haber observado mayores diferencias en la densidad de raíces.

En el Anexo 10, se presenta el número de raíces/100 cm<sup>3</sup> de los distintos tratamientos.

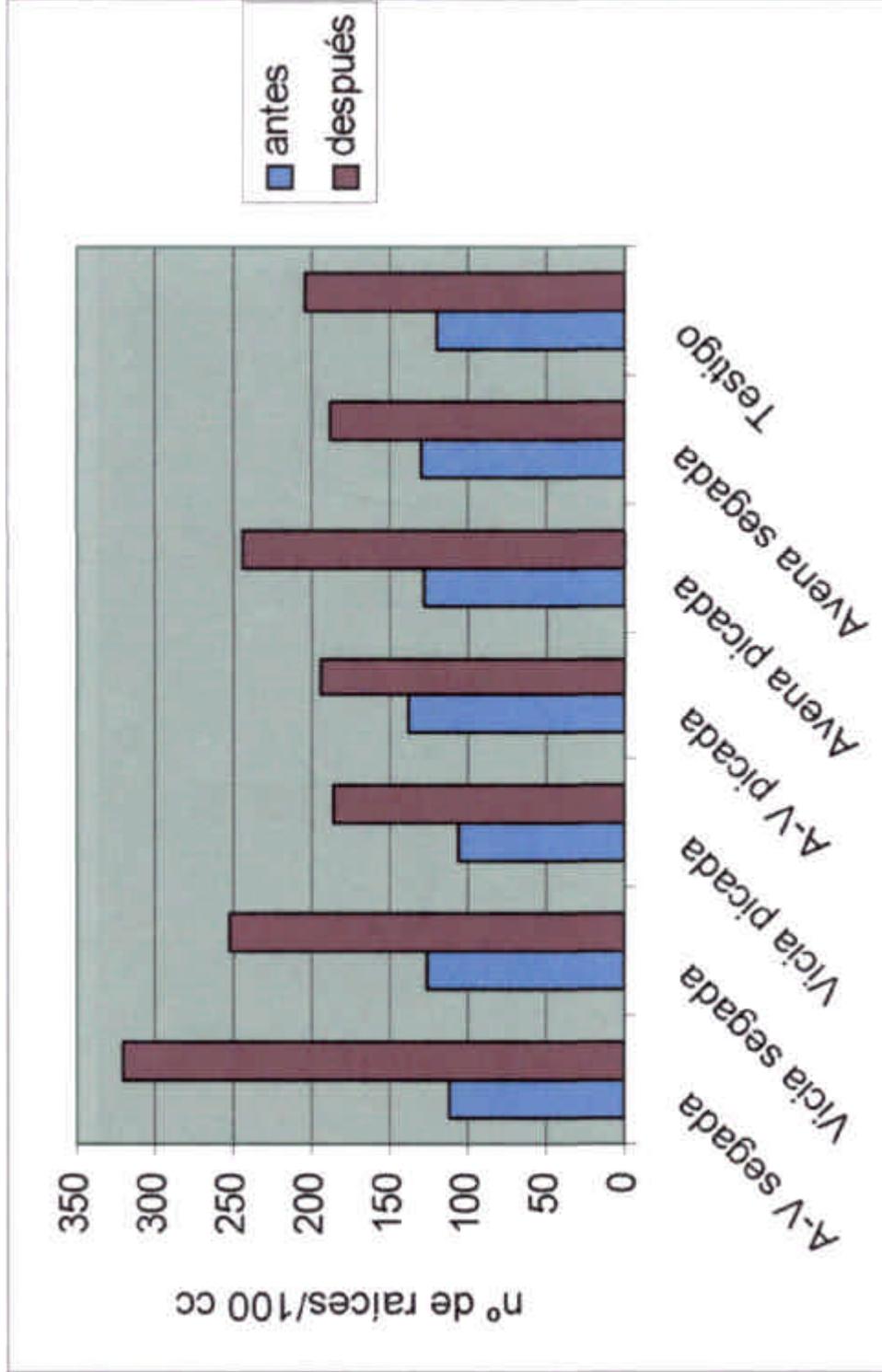


FIGURA 15. Densidad de raíces de los distintos tratamientos, tomadas antes y después de primavera, a 35 cm de distancia del tronco.

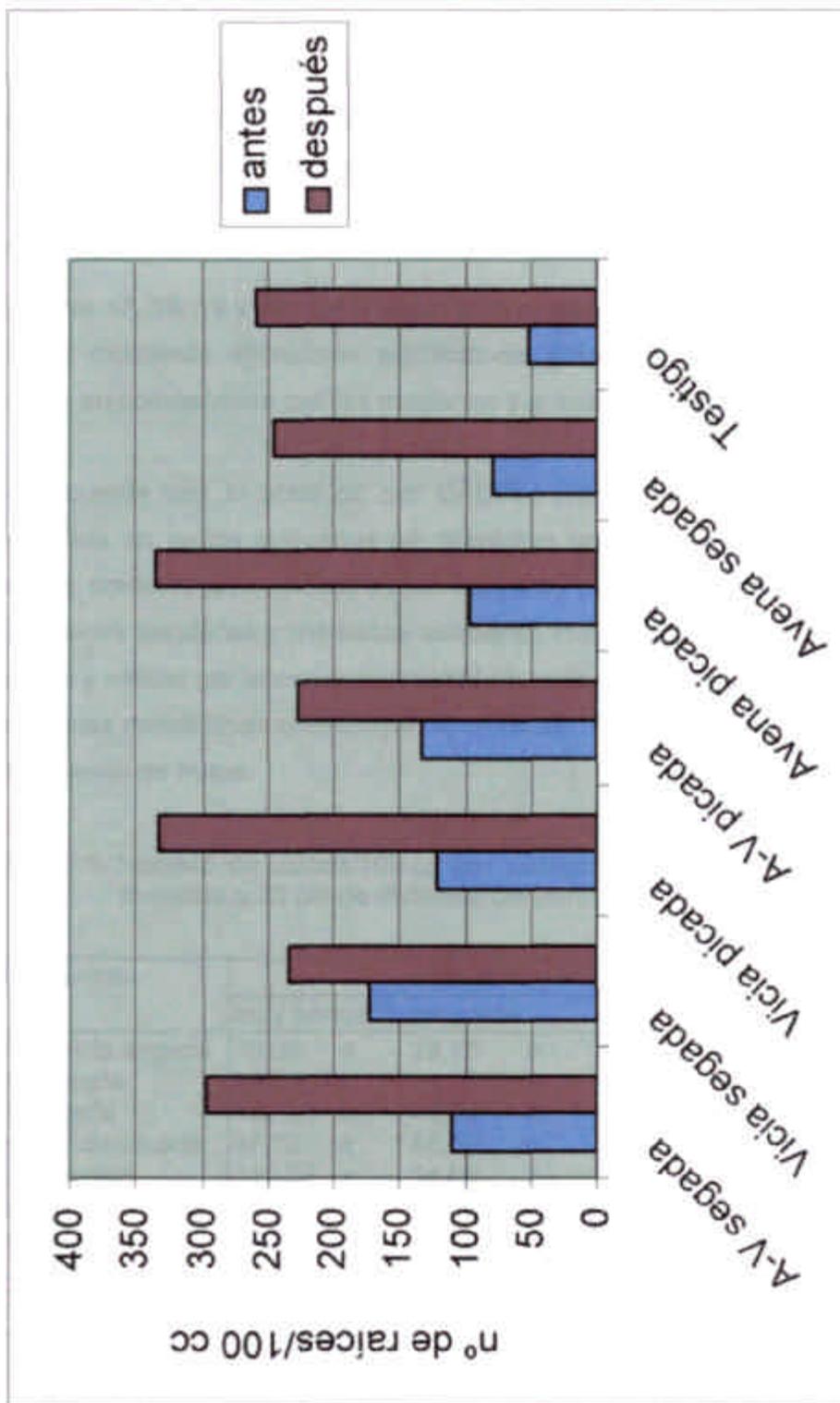


FIGURA 16. Densidad de raíces de los distintos tratamientos, tomadas antes y después de primavera, a 70 cm de distancia del tronco.

#### 4.2.2. Distribución de diámetro de las raíces

El análisis se hizo sobre la base de la categorización del diámetro de raíces establecida por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar), sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, aunque sí diferencias entre los distintos diámetros.

Las Figuras 17, 18, 19 y 20 muestran un gran predominio de raíces muy pequeñas y pequeñas existiendo diferencias significativas entre las raíces muy pequeñas y pequeñas en comparación con las medianas y grandes (Cuadros 8, 9, 10 y 11).

Esto concuerda con lo obtenido por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar), quien observó que en paltos cultivados en diferentes condiciones edáficas, a fines de primavera, predominan las raíces pequeñas y muy pequeñas. El mismo autor señala que las raíces pequeñas y medianas adquieren importancia hacia la temporada de primavera y verano por la mayor necesidad de conducir agua, debido al aumento de las funciones metabólicas que apoyan la brotación, floración, cuaja y primera etapa de crecimiento de frutos.

CUADRO 8. Número de raíces/100 cc por categoría de diámetro de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, a principio de primavera.

Tratamientos	Categoría por diámetro							
	muy pequeña		pequeña		mediana		grande	
Avena-Vicia segada	78,00	a	29,75	b	4,00	c	1,25	c
Vicia segada	86,25	a	34,00	b	6,50	c	0,00	c
Vicia picada	122,25	a	43,25	b	6,00	c	2,75	c
Avena-Vicia picada	87,75	a	46,00	b	3,50	c	0,00	c
Avena picada	110,00	a	14,00	b	3,50	c	0,25	c
Testigo	51,50	a	20,00	b	4,25	c	0,00	c
Avena segada	90,52	a	60,25	b	6,20	c	5,50	c
Media	89,47		35,32		4,85		1,39	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 9. Número de raíces/100 cc por categoría de diámetro de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, a principio de primavera.

Tratamientos	Categoría por diámetro							
	muy pequeña		pequeña		mediana		grande	
Avena-Vicia segada	50,75	a	29,75	a	7,00	b	0,00	b
Vicia segada	138,25	a	34,00	a	4,50	b	1,75	b
Vicia picada	76,25	a	43,25	a	5,25	b	0,75	b
Avena-Vicia picada	92	a	37,75	a	3,50	b	0,75	b
Avena picada	81,25	a	14,00	a	5,25	b	0,00	b
Testigo	37,75	a	20,00	a	1,25	b	1,00	b
Avena segada	52	a	60,25	a	3,25	b	2,00	b
Media	75,46		34,14		4,29		0,89	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 10. Número de raíces/100 cc por categoría de diámetro de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, a fines de primavera.

Tratamientos	Categoría por diámetro							
	muy pequeña		pequeña		mediana		grande	
Avena-Vicia segada	296,75	a	21,00	b	1,50	c	1,25	c
Vicia segada	244,25	a	7,50	b	0,50	c	0,50	c
Vicia picada	164,50	a	8,50	b	0,25	c	0,50	c
Avena-Vicia picada	150,50	a	6,50	b	0,25	c	0,00	c
Avena picada	221,75	a	17,00	b	4,25	c	1,75	c
Testigo	186,75	a	15,75	b	0,50	c	0,25	c
Avena segada	168,75	a	16,25	b	3,50	c	0,00	c
Media	204,75		13,21		1,54		0,61	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

CUADRO 11. Número de raíces/100 cc por categoría de diámetro de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, a fines de primavera.

Tratamientos	Categoría por diámetro							
	muy pequeña		pequeña		mediana		grande	
Avena-Vicia segada	253,75	a	31,25	b	10,50	c	1,50	c
Vicia segada	213,75	a	20,25	b	0,00	c	0,75	c
Vicia picada	313	a	18,00	b	0,75	c	0,00	c
Avena-Vicia picada	185,75	a	6,75	b	0,00	c	0,00	c
Avena picada	300,75	a	23,25	b	7,00	c	3,00	c
Testigo	237	a	19,25	b	3,00	c	0,25	c
Avena segada	214,75	a	21,25	b	8,75	c	0,25	c
Media	245,54		20,00		4,29		0,82	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

Al observar las Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28, se ven diferencias significativas entre la cantidad de raíces muy pequeñas presentes en las muestras a 35 cm del tronco antes y después de la primavera. Esto se debe al aumento del número de raíces producto del crecimiento radicular que comenzó en octubre.

Este patrón no se cumple al analizar el resto de las categorías de diámetro, lo que se podría explicar debido a que las muestras fueron tomadas en pleno desarrollo del árbol, donde predominan las raíces de menor diámetro. Esto podría relacionarse con los resultados obtenidos por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) donde observó una mayor cantidad de raíces catalogadas como grandes a salidas de invierno. El autor señala que la presencia de estas raíces se debe a una necesidad de aireación por parte de los árboles, debido a que se encontraban en suelo sin camellones. Los paltos analizados en este ensayo, por el hecho de ubicarse sobre camellones, no tendrían la necesidad de aumentar la aireación, siendo ésta la causa principal de la ausencia de raíces catalogadas como grandes.

Por otra parte, es importante considerar que los árboles estudiados tienen portainjerto franco, por lo que se debe tener en cuenta que la distribución en el

diámetro de las raíces de los distintos tratamientos también está determinado por las características genéticas del patrón y fertilidad inicial del suelo.

En el Anexo 11, se presenta el número de raíces por categoría de diámetro de los distintos tratamientos.

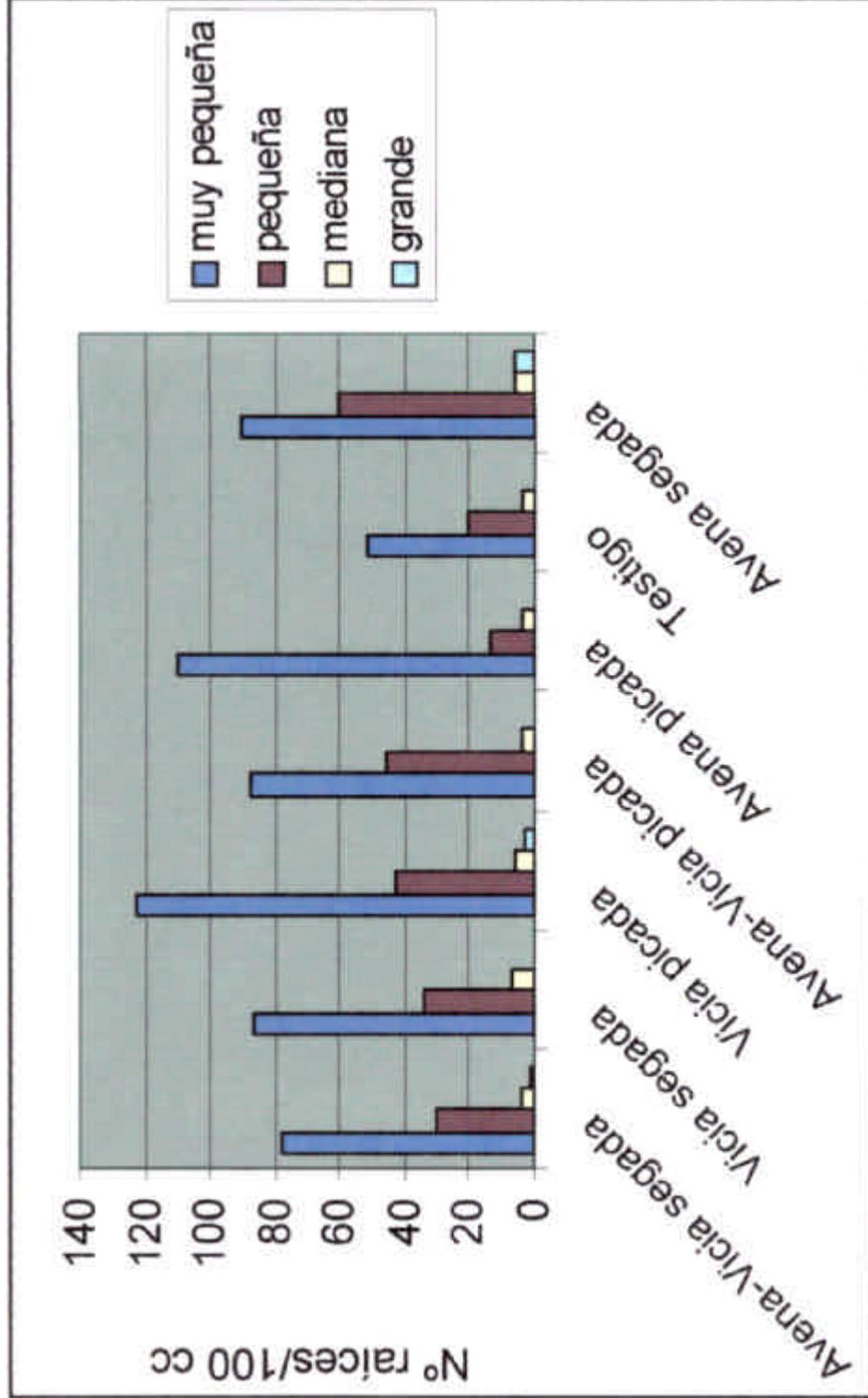


FIGURA 17. Distribución de diámetros de raíces muestreadas a 35 cm de distancia del tronco, antes de primavera.

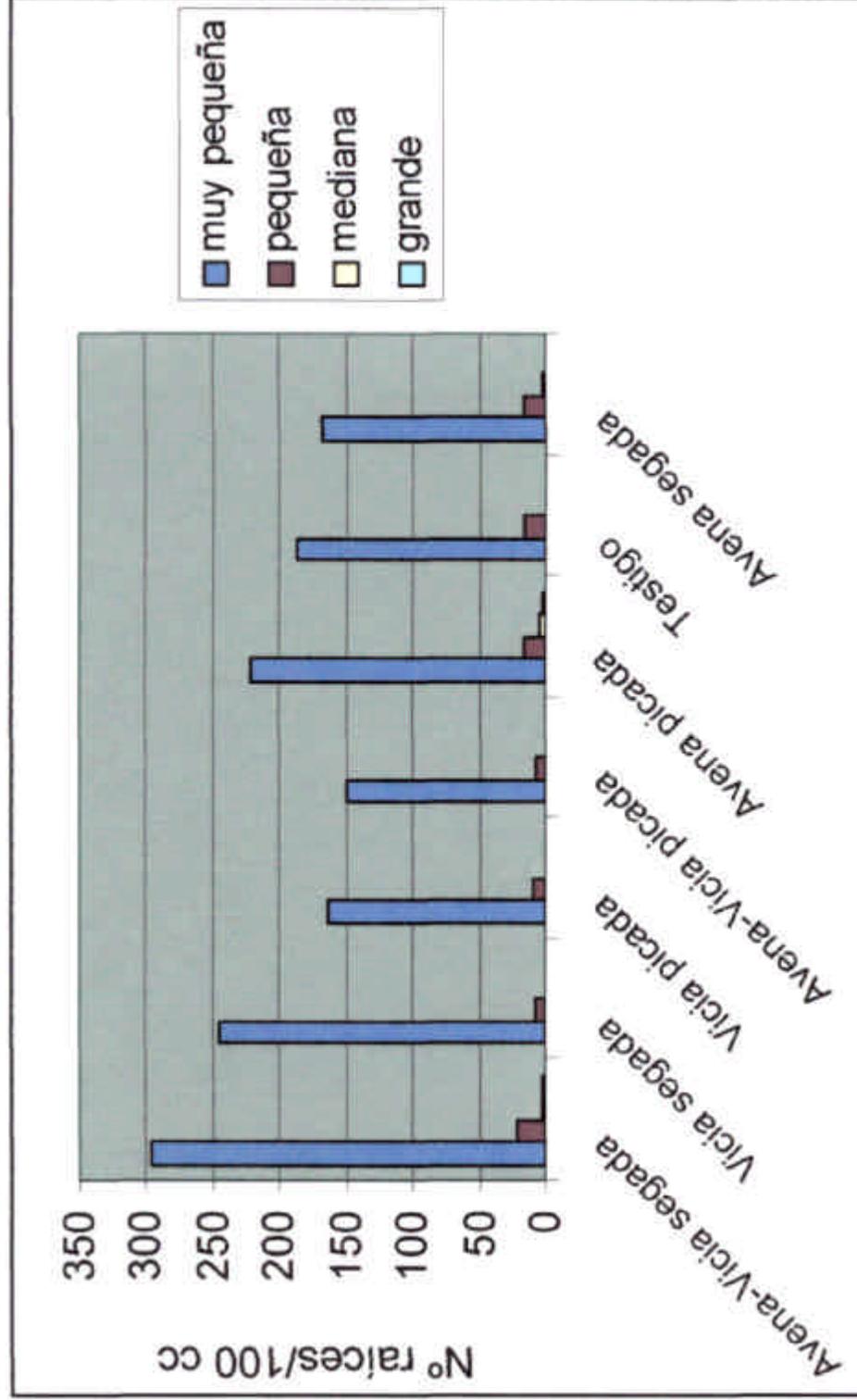


FIGURA 18. Distribución de diámetros de raíces muestreadas a 35 cm de distancia del tronco, después de primavera

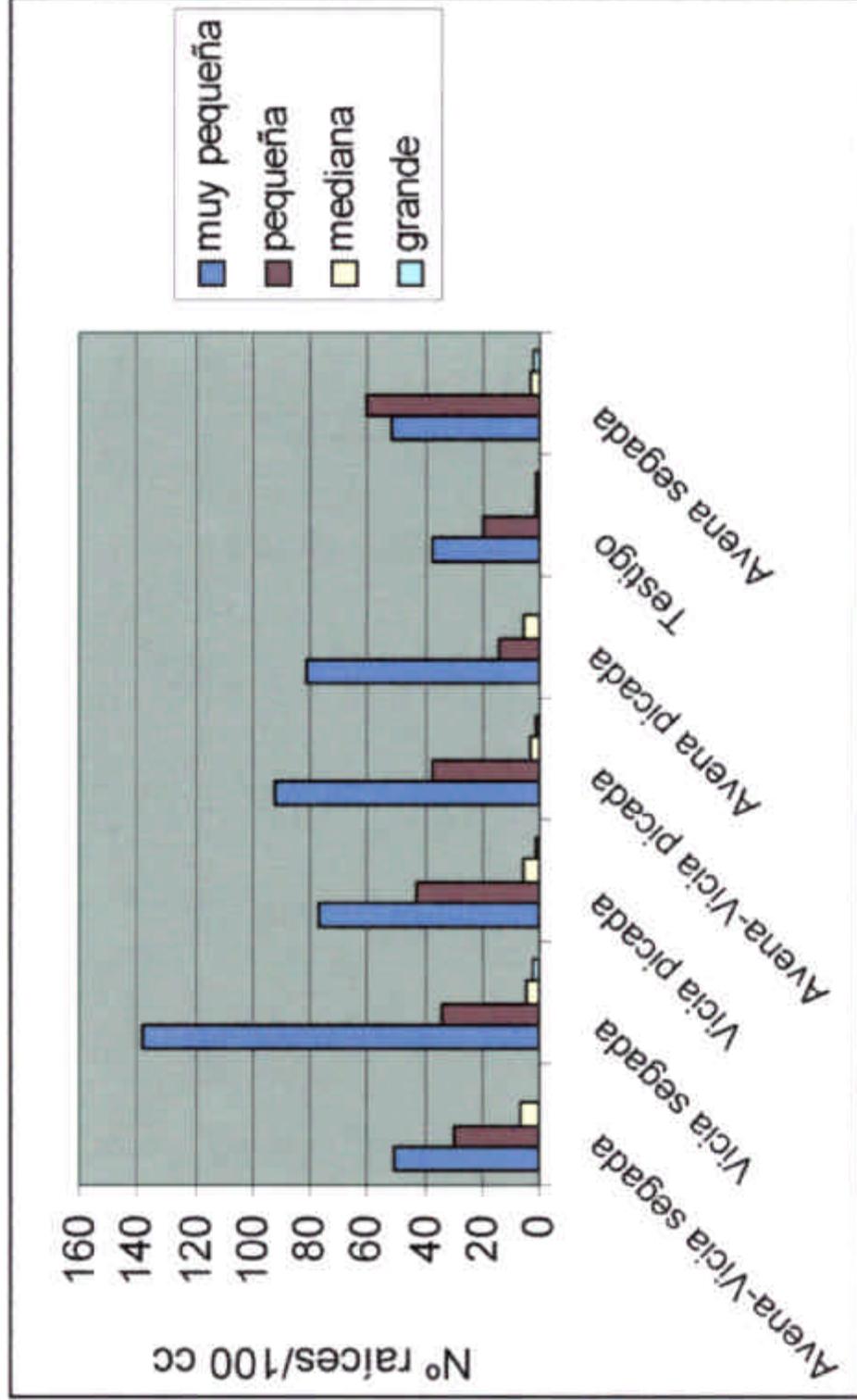


FIGURA 19. Distribución de diámetros de raíces muestreadas a 70 cm de distancia del tronco, antes de primavera.

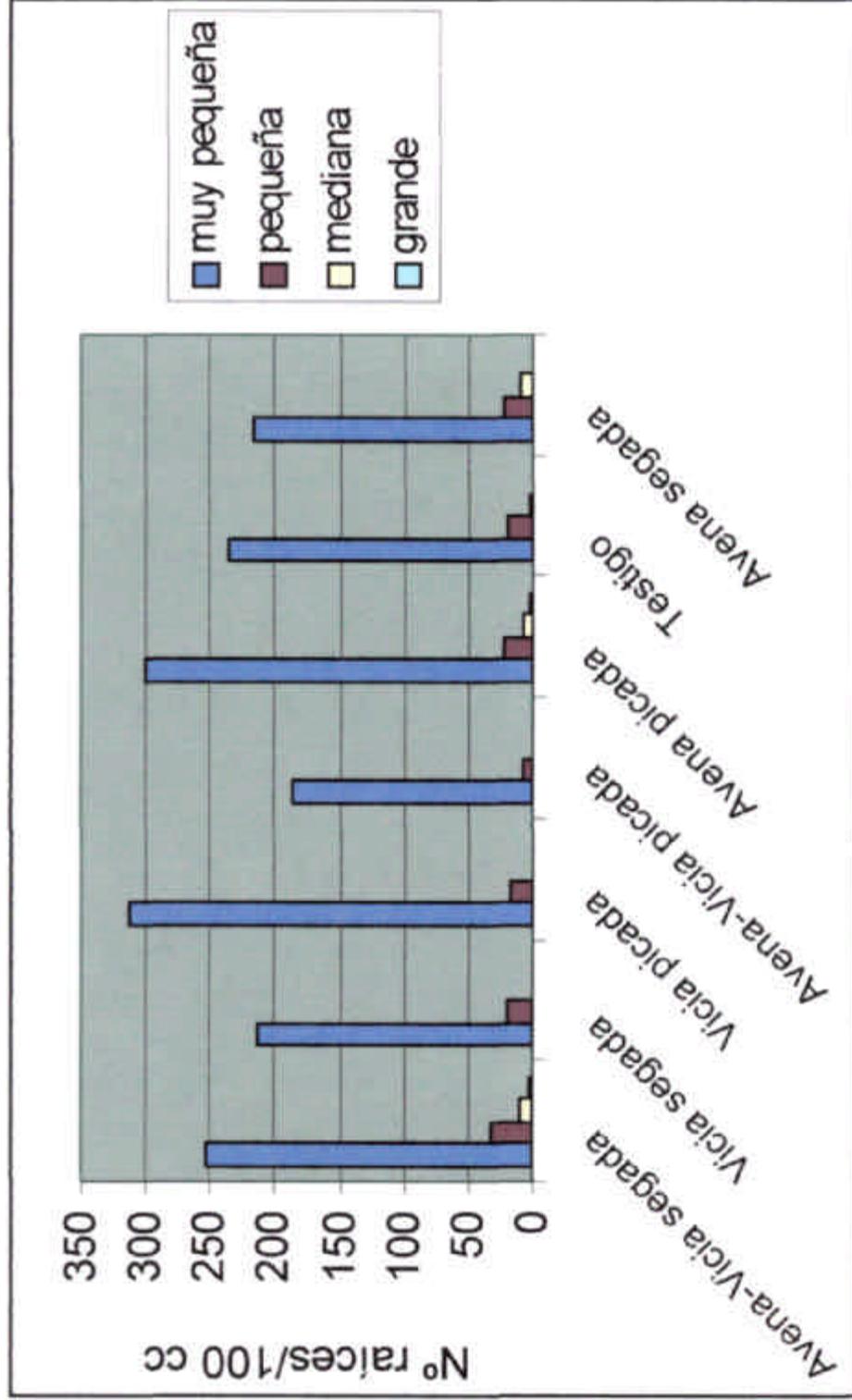


FIGURA 20. Distribución de diámetros de raíces muestreadas a 70 cm de distancia del tronco, después de primavera.

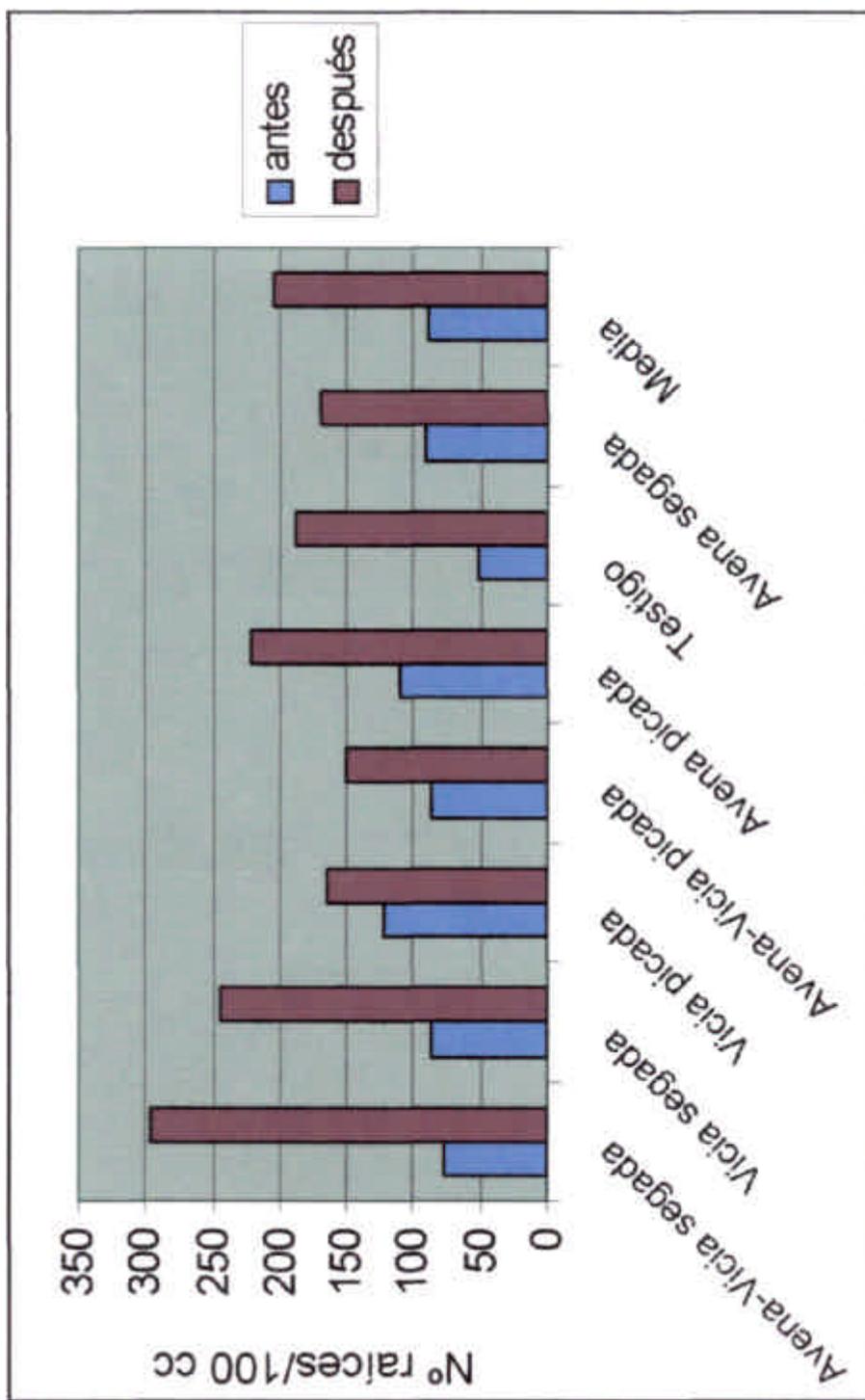


FIGURA 21. Distribución de raíces muy pequeñas de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

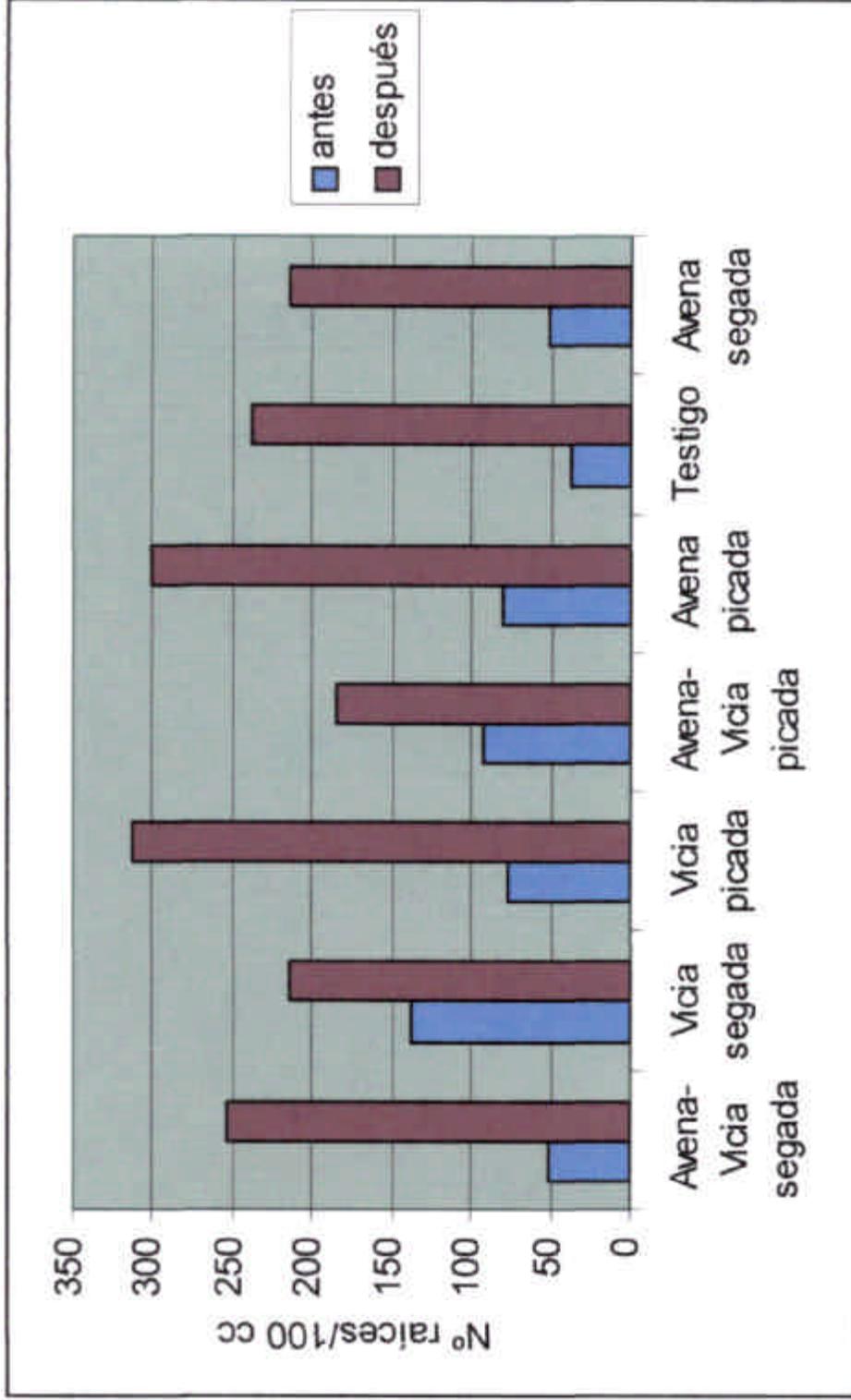


FIGURA 22. Distribución de raíces muy pequeñas de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

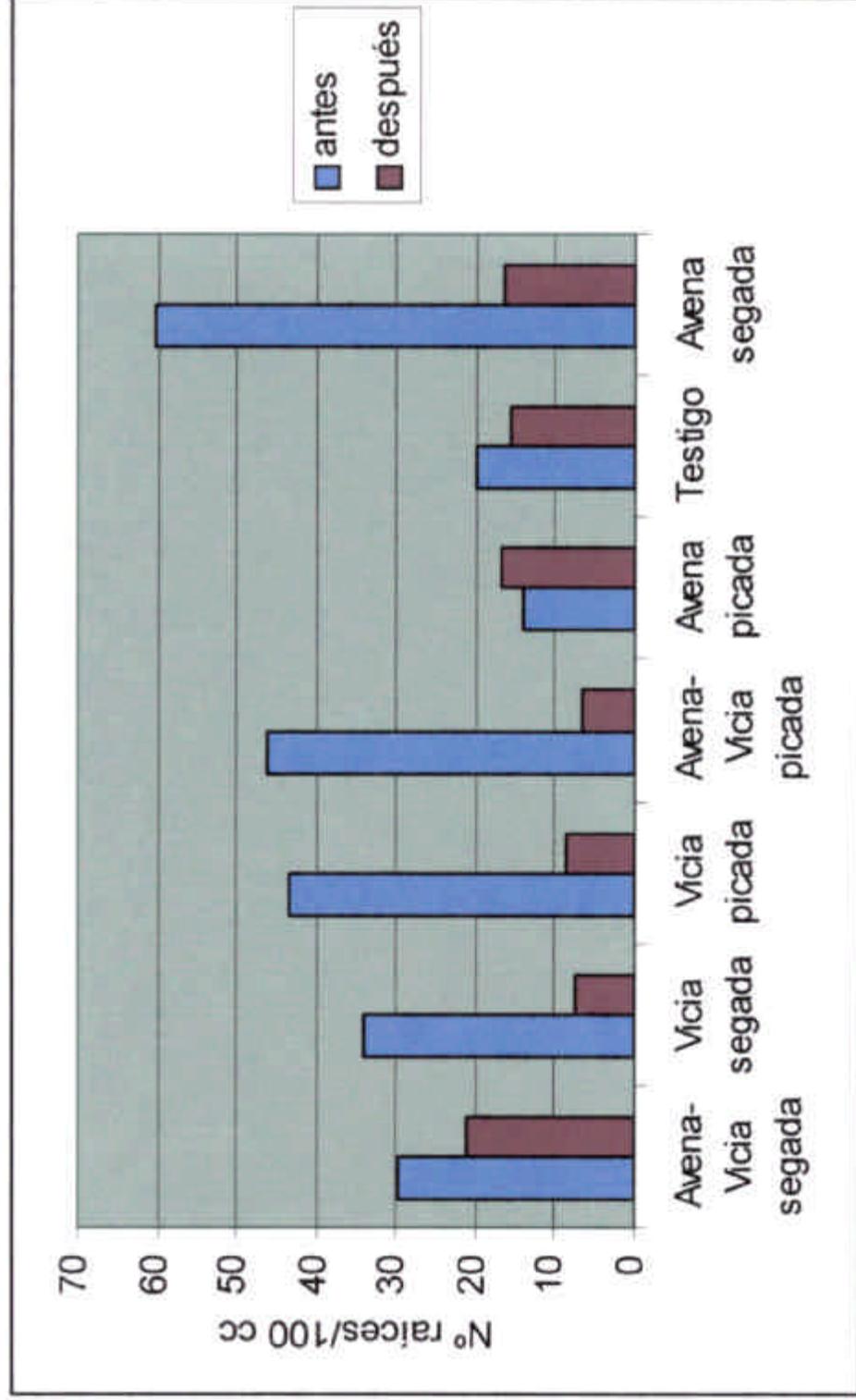


FIGURA 23. Distribución de raíces pequeñas de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

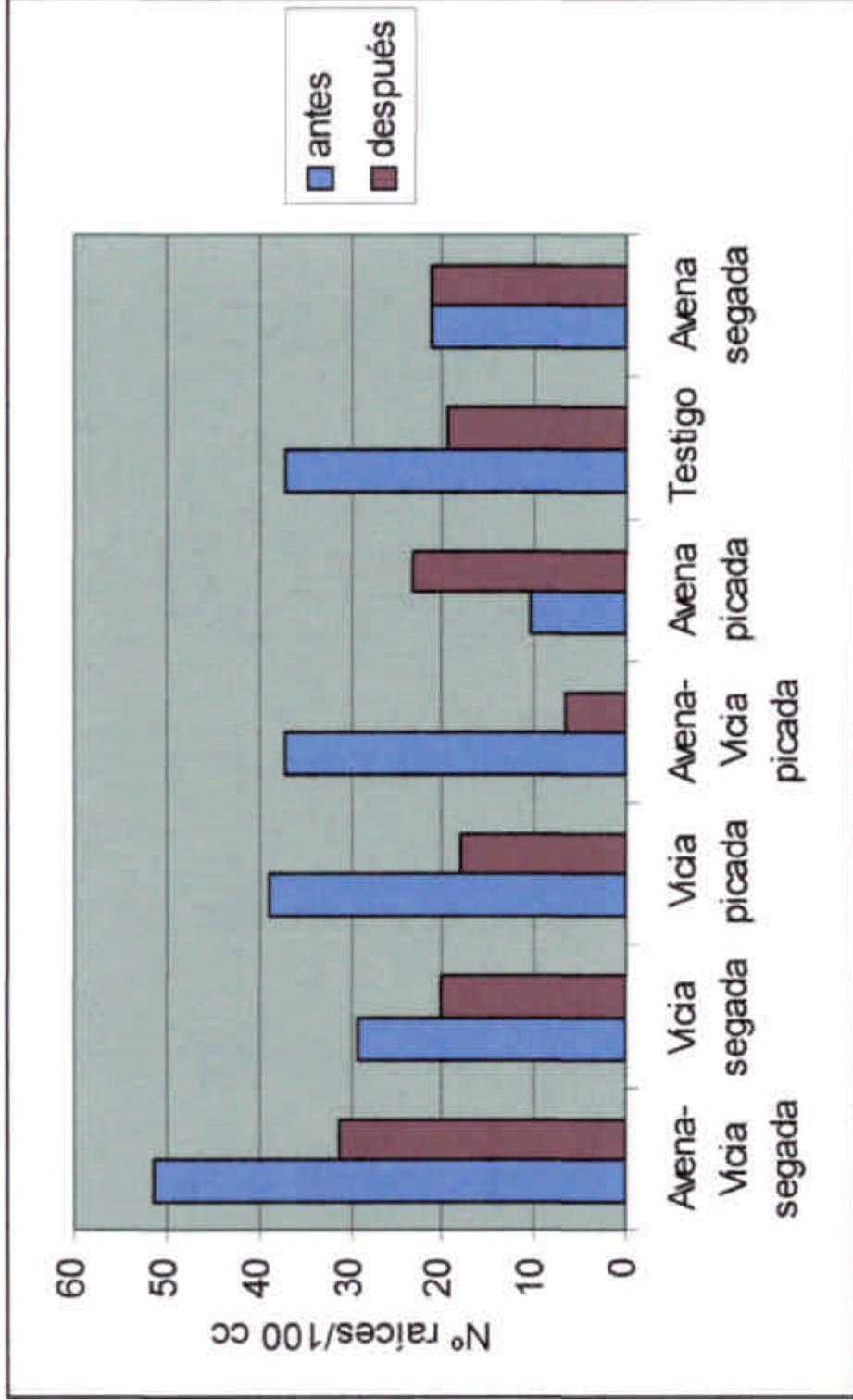


FIGURA 24. Distribución de raíces pequeñas de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

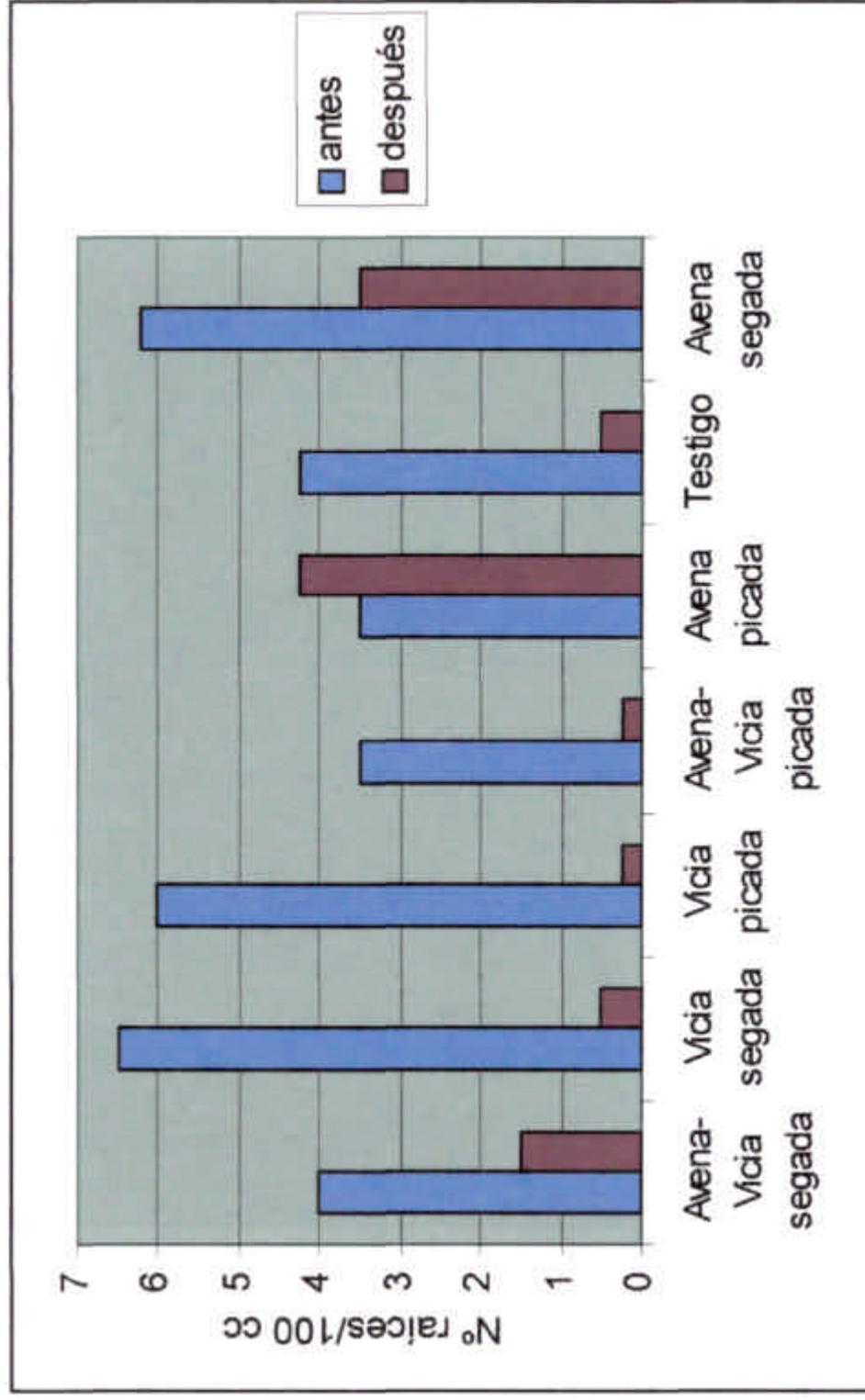


FIGURA 25. Distribución de raíces medianas de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

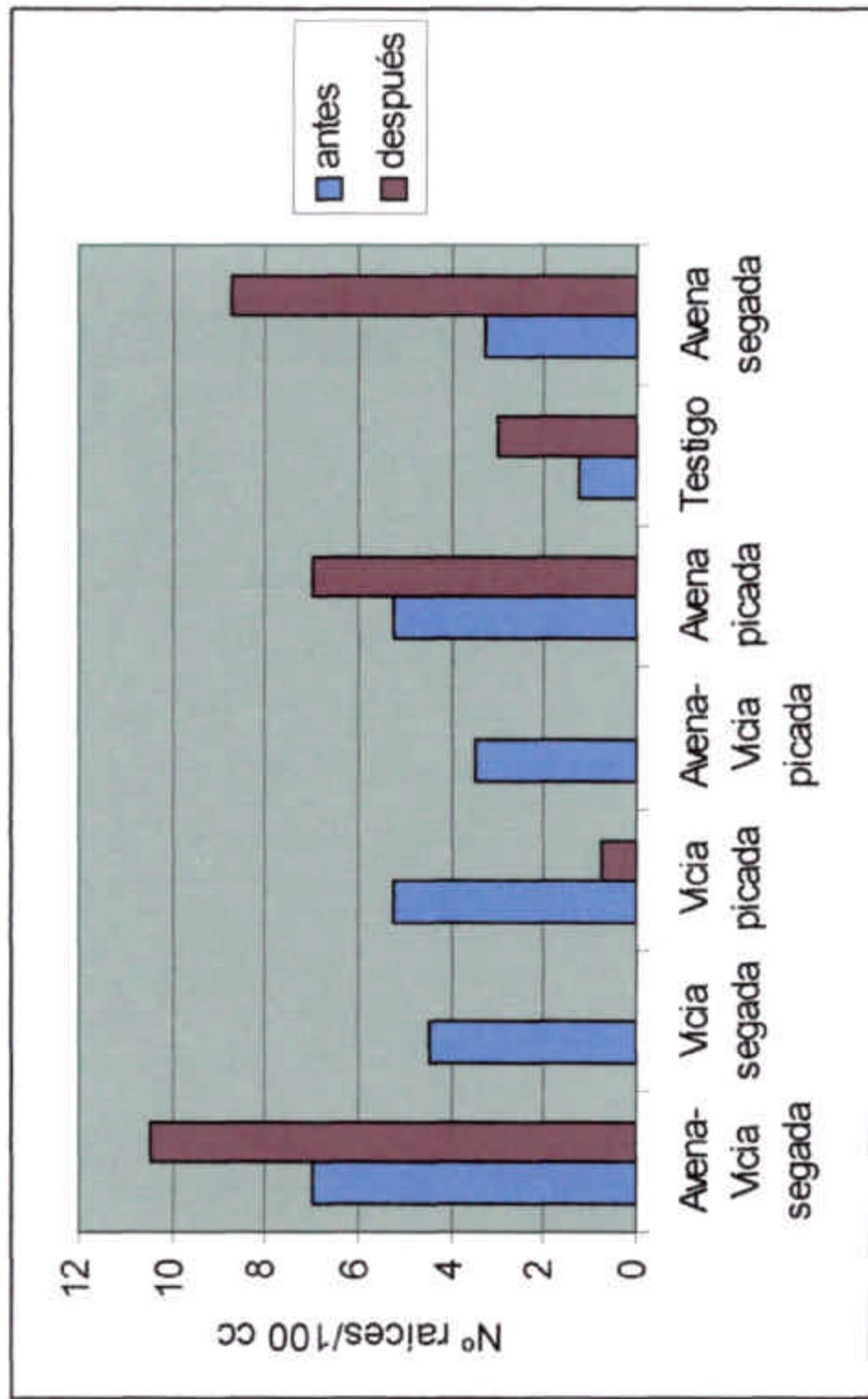


FIGURA 26. Distribución de raíces medianas de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

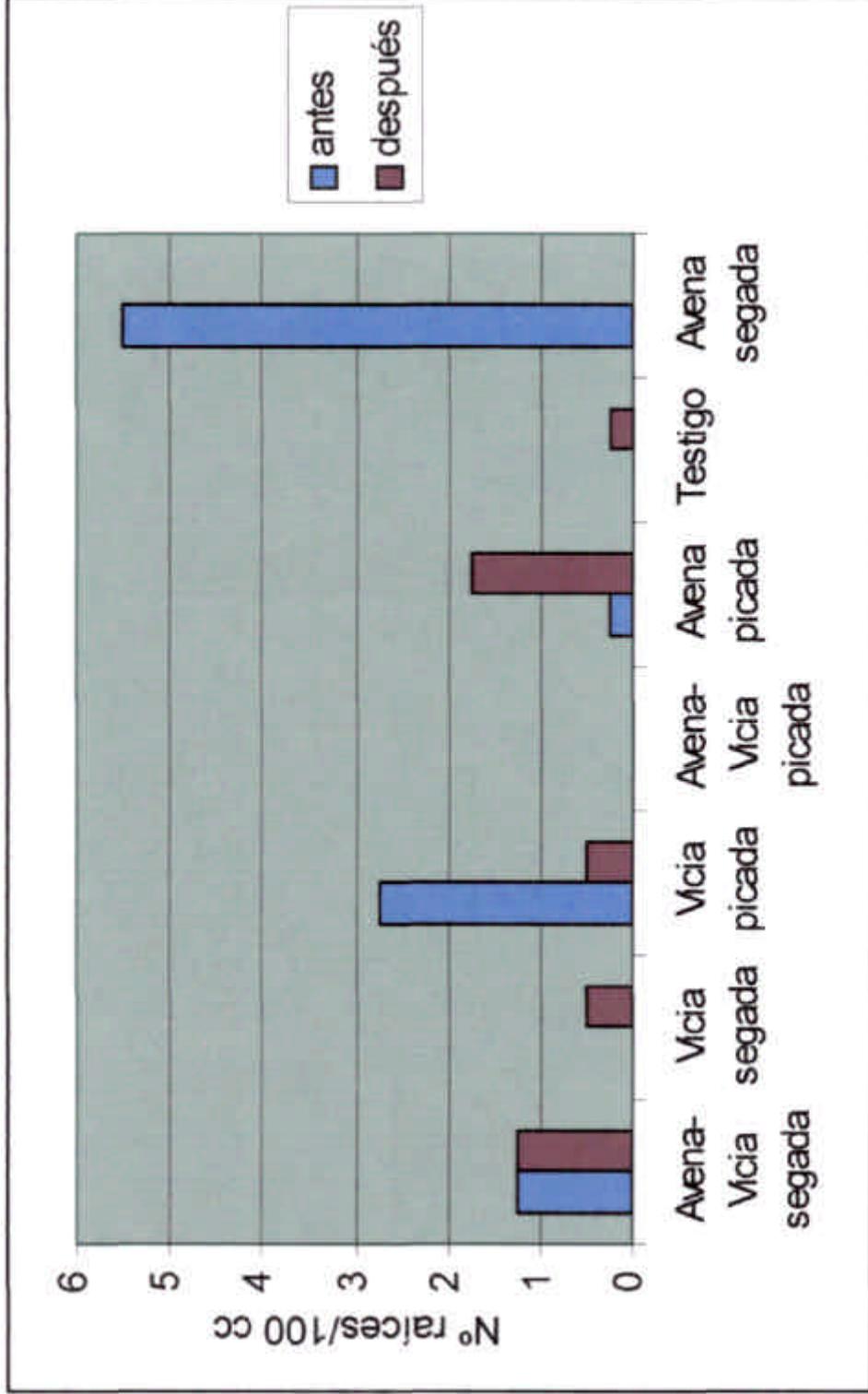


FIGURA 27. Distribución de raíces grandes de muestras tomadas a 35 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

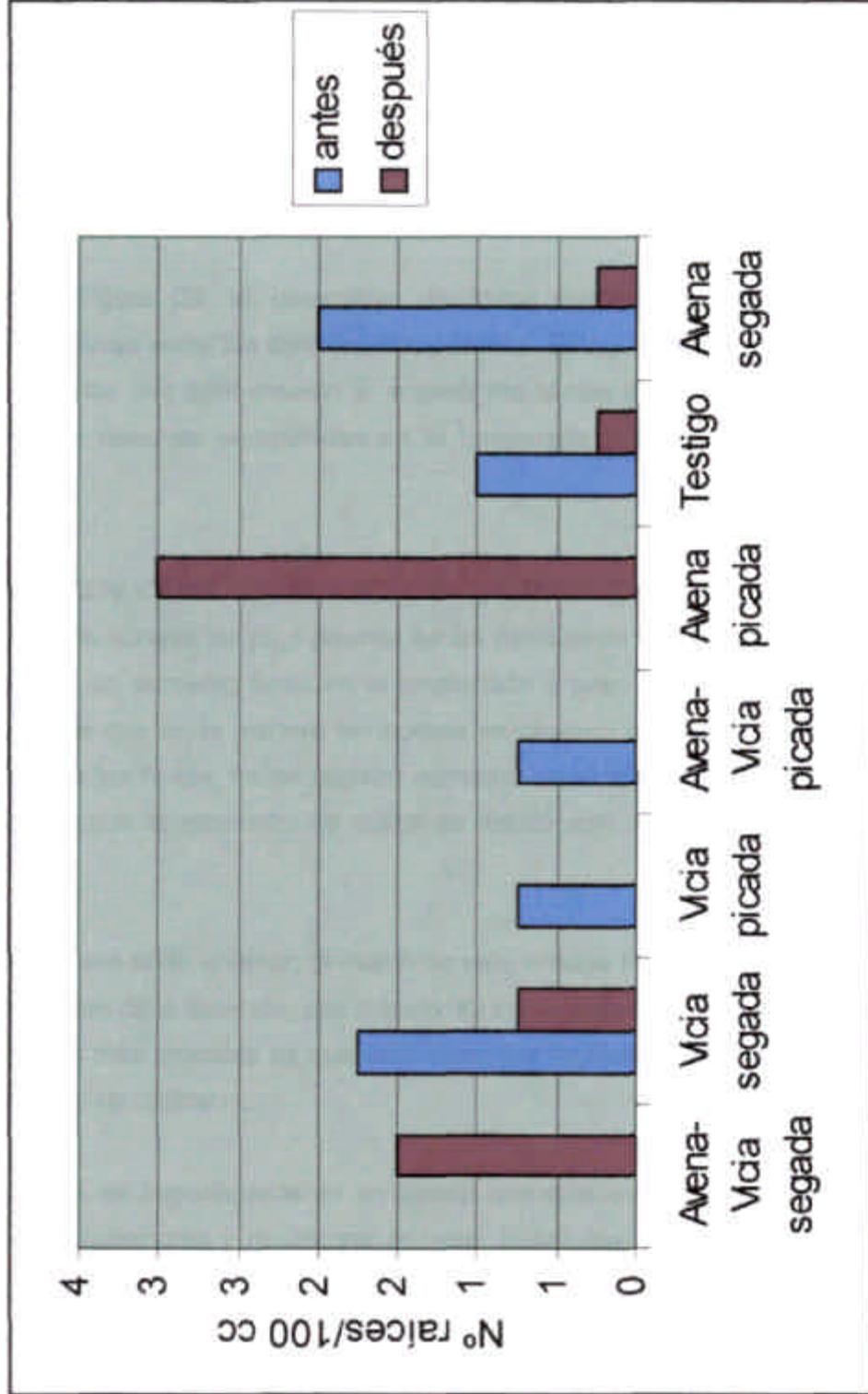


FIGURA 28. Distribución de raíces grandes de muestras tomadas a 70 cm de distancia del tronco, antes y después de primavera.

#### 4.2.3. Frutos cuajados

Según WHYLEY (1990), el éxito de la formación de frutos en los 60 días posteriores a la floración depende de la disponibilidad de fotosintatos almacenados, de la fotosíntesis del momento y del tiempo de transición de "sink" a fuente de los brotes que se renuevan en primavera.

En la Figura 29, el porcentaje de frutos cuajados no demuestra diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Esto puede deberse a que el vigor de los árboles que conformaron el ensayo era similar al inicio de éste, por lo que el nivel de reservas acumuladas en la temporada anterior fue similar en todos los árboles.

WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) observaron que el uso de *mulch* de corteza de pino permite en un período de tres temporadas consecutivas, generar un aumento tanto en la producción y peso de los frutos. Sin embargo, a pesar de que en la primera temporada se observó un aumento en la producción y peso de los frutos, no se registró aumento en el número de frutos. Lo anterior se debió a que la aplicación de *mulch* se realizó sólo unos pocos meses antes de la cuaja.

Basándose en lo anterior, el *mulch* de este ensayo fue colocado en agosto, sólo un mes antes de la floración, por lo tanto, su influencia sobre la cuaja fue prácticamente nula. Lo más probable es que esta cuaja fue regulada, principalmente, por factores aéreos y no radicales.

Además, es importante tener en cuenta que ésta es sólo la primera temporada de uso de coberturas y *mulch*, por lo tanto, habrá que analizar lo que ocurra con las siguientes floraciones y cuajas, cuando el *mulch* ya tenga más de un año de establecido.

Los porcentajes de cuaja obtenidos difieren a lo descrito en literatura, siendo mayores que 0.001%. Los porcentajes de este ensayo concuerdan con los mayores porcentajes de cuaja obtenidos por MATTAR (2000)\* en distintas evaluaciones realizadas en Quillota.

En el Anexo 12, se presenta el número de panículas, flores y frutos cuajados de los distintos tratamientos.

\* MATTAR, M. Ing. Agr. Ms. 2001. Docente Universidad de Las Américas. Comunicación personal.

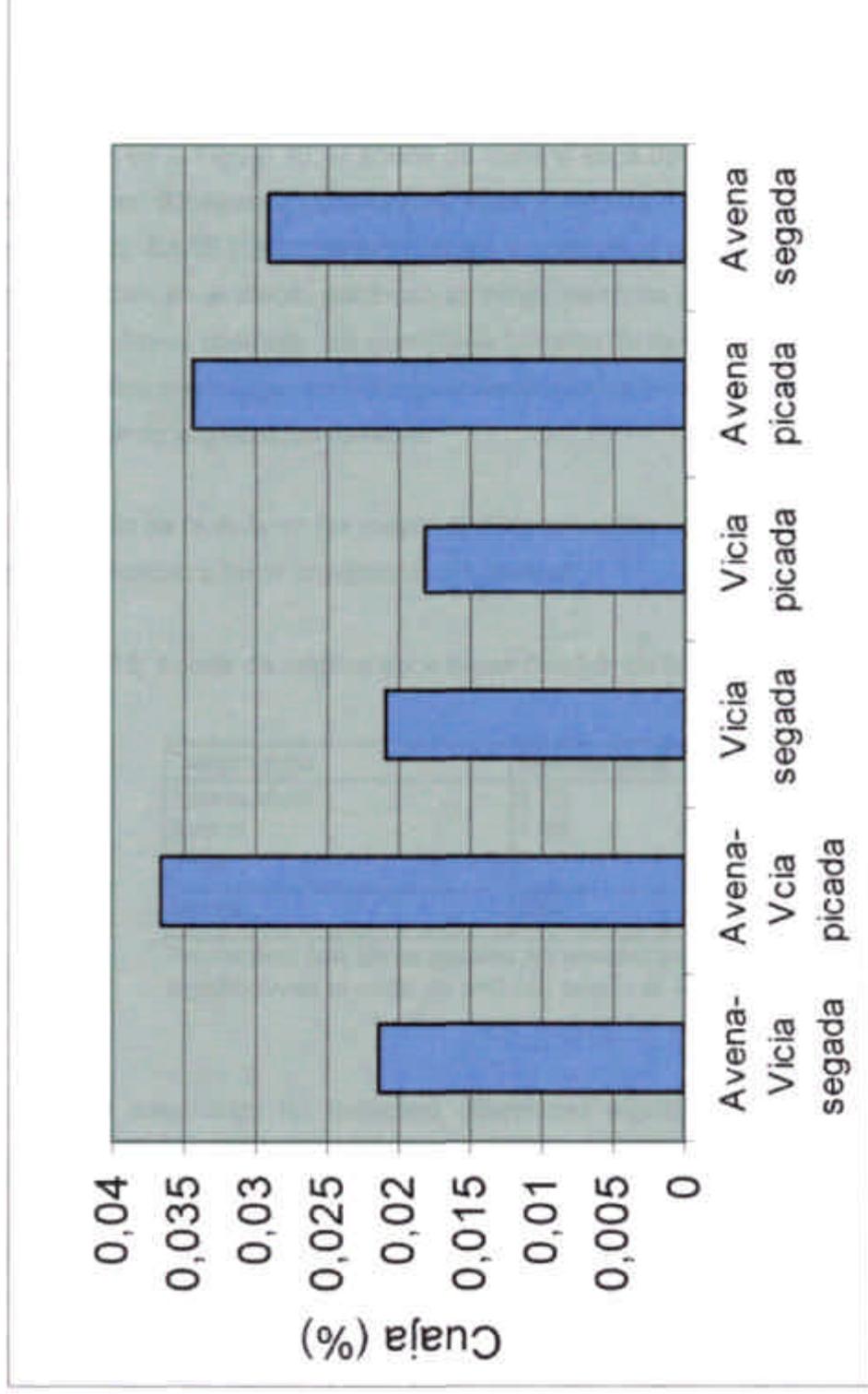


FIGURA 29. Porcentaje de frutos cuajados en distintos tratamientos de *mulch*, al término de la caída natural.

### 4.3. Coberturas

#### 4.3.1. Aporte de materia seca

Al analizar, en la Figura 30, el aporte de materia seca de las coberturas sembradas, se obtuvieron diferencias significativas entre la mezcla de avena-vicia y la vicia sola (Cuadro 12). SARE (1998) señala que las leguminosas anuales de invierno, cuando se establecen en el otoño, producen la mayor parte de su biomasa y Nitrógeno en primavera. Por el contrario, las gramíneas anuales de invierno sembradas en otoño, se establecen y producen un adecuado desarrollo de biomasa radical y aérea antes de disminuir su actividad en invierno.

El desarrollo de la vicia no fue mayor, debido a que fue cosechada en agosto, por lo tanto, no alcanzó a tener crecimiento primaveral.

CUADRO 12. Aporte de materia seca aérea (ton/ha) de las coberturas sembradas.

Tratamiento	Materia seca (ton/ha)	
Avena Vicia	5.73	a
Avena	4.83	ab
Vicia	3.10	b
Media	4.60	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

El análisis estadístico no demostró diferencias significativas entre las distintas coberturas, en relación a la materia seca radical.

SATTEL et al. (1999) obtuvieron en sus ensayos un aporte de materia seca de 2.2 ton/ha en el caso de la avena y uno de 1.8 ton/ha durante los meses de invierno. El alto aporte de materia seca por parte de los tres tratamientos de cobertura obtenido en este ensayo se debe a que la temporada otoño -invierno del año 2000 fue más

lluviosa de lo normal (Anexo 2), por lo que el crecimiento de las coberturas fue mayor que los estándares publicados. En años de escasez pluviométrica, sería determinante la utilización de coberturas que, además de generar los beneficios señalados, presenten los menores contenidos de humedad.

En la Figura 31, se muestra la diferencia en contenido de humedad de los distintos tratamientos. La avena y la vicia presentaron un menor contenido de humedad con respecto a la mezcla de ellas, lo que concuerda con sus menores aportes de materia seca. La mezcla de avena-vicia, al igual que su mayor aporte de materia seca, tuvo el mayor contenido de agua tanto en la parte aérea como radical.

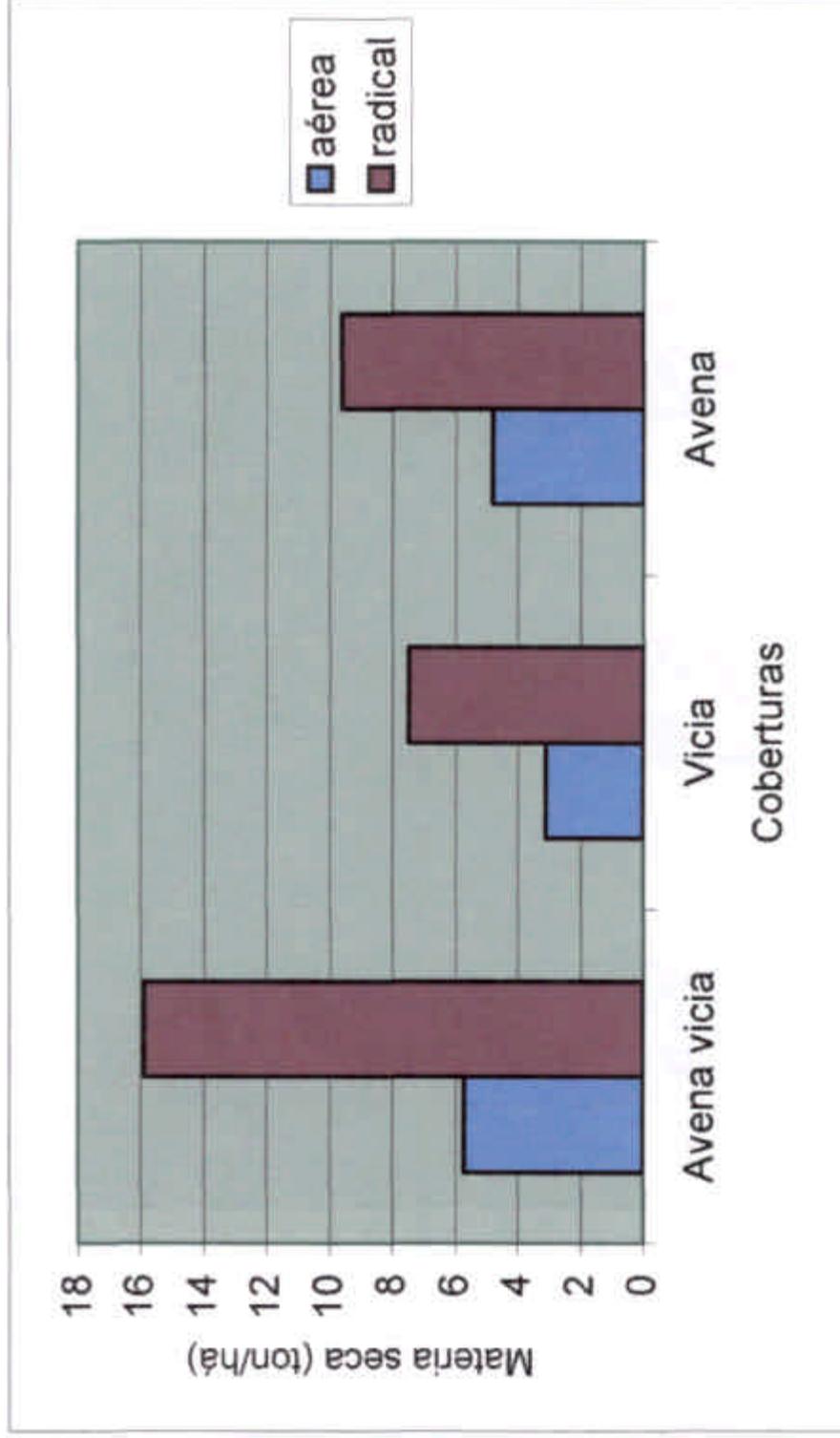


FIGURA 30. Aporte de materia seca (expresada en ton/há), aérea y radical, de las coberturas sembradas.

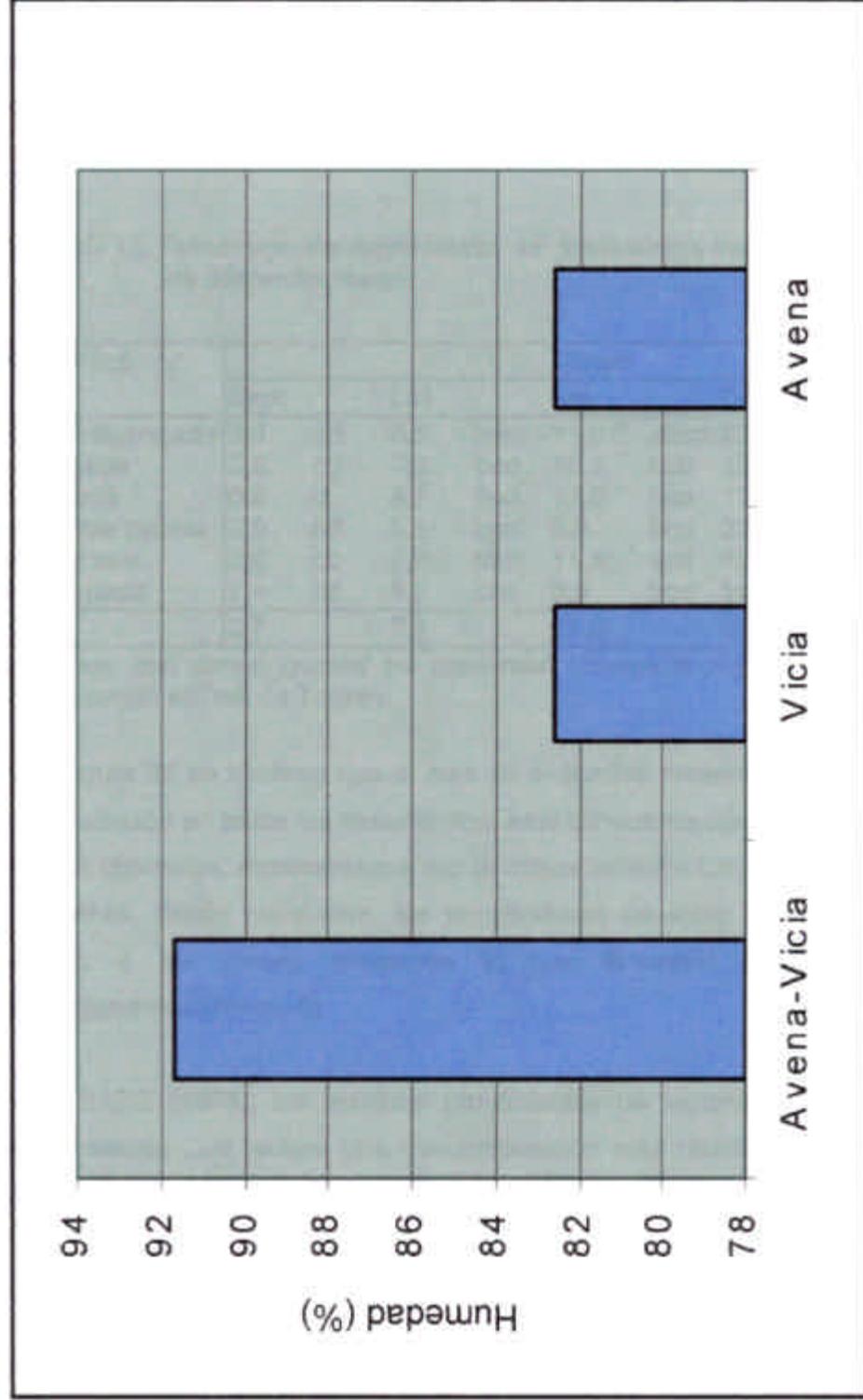


FIGURA 31. Contenido de humedad (%), tanto aéreo como radical, de las coberturas sembradas.

#### 4.3.2. Degradación de los mulches

El análisis estadístico para esta variable demuestra que no hay diferencia significativa entre los distintos tratamientos de *mulch*, pero sí entre los distintos meses (Cuadro 13).

CUADRO 13. Porcentaje de degradación de los distintos tratamientos de *mulch* en los diferentes meses.

Tratamientos	Meses									
	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene					
Avena-Vicia segada	3,8	cd	8,3	bcd	15,5	abcd	22,0	a	7,8	bcd
Vicia segada	3,8	cd	7,2	bcd	10,5	bcd	19,9	ab	8,8	bcd
Vicia picada	0,9	d	9,7	bcd	13,0	bcd	17,2	abc	5,3	bcd
Avena-Vicia picada	2,9	cd	5,5	bcd	8,8	bcd	22,3	a	8,6	bcd
Avena picada	2,6	cd	6,9	bcd	11,5	bcd	15,2	abcd	4,9	bcd
Avena segada	2,4	cd	5,2	bcd	8,0	bcd	14,6	abcd	6,1	bcd
Medias	2,7		7,1		11,2		18,5		6,9	

Promedios con letras iguales no presentan diferencia significativas al nivel de  $p=0.05$ , según el Test de Tuckey.

En la Figura 32 se observa que el mes de diciembre presenta el mayor porcentaje de degradación en todos los tratamientos, esto concuerda con los niveles de materia orgánica obtenidos, representados por la mayor relación C/N en dicho mes (Figura 9). Además, desde noviembre, las temperaturas de suelo fueron más altas con respecto a los meses anteriores lo que favoreció la actividad de los microorganismos (Anexo 6)

Según SARE (1998), los residuos provenientes de leguminosas, por tener una menor relación C/N, sufren una descomposición más rápida que los residuos de plantas gramíneas. En la Figura 32, se observa que la avena, tanto segada como picada, presentan el menor porcentaje de degradación en diciembre. Por otra parte, las mezclas de Avena con Vicia muestran los niveles más altos.

El no presentar diferencias significativas los distintos tratamientos concuerda con las faltas de diferencias encontradas en la temperatura de suelo y relación C/N de los distintos tratamientos de *mulch*.

Las diferencias entre segadura y picadura no se ven claras. Se esperaba que la degradación de las coberturas picadas hubiese sido más rápida que las segadas, pero se debe tener en cuenta que esto sólo representa los resultados hasta enero, pudiendo haberse acelerado o retrasado la degradación de los distintos tratamientos durante los meses siguientes.

En el Anexo 9, se presentan las disminuciones de altura mensuales del *mulch*.

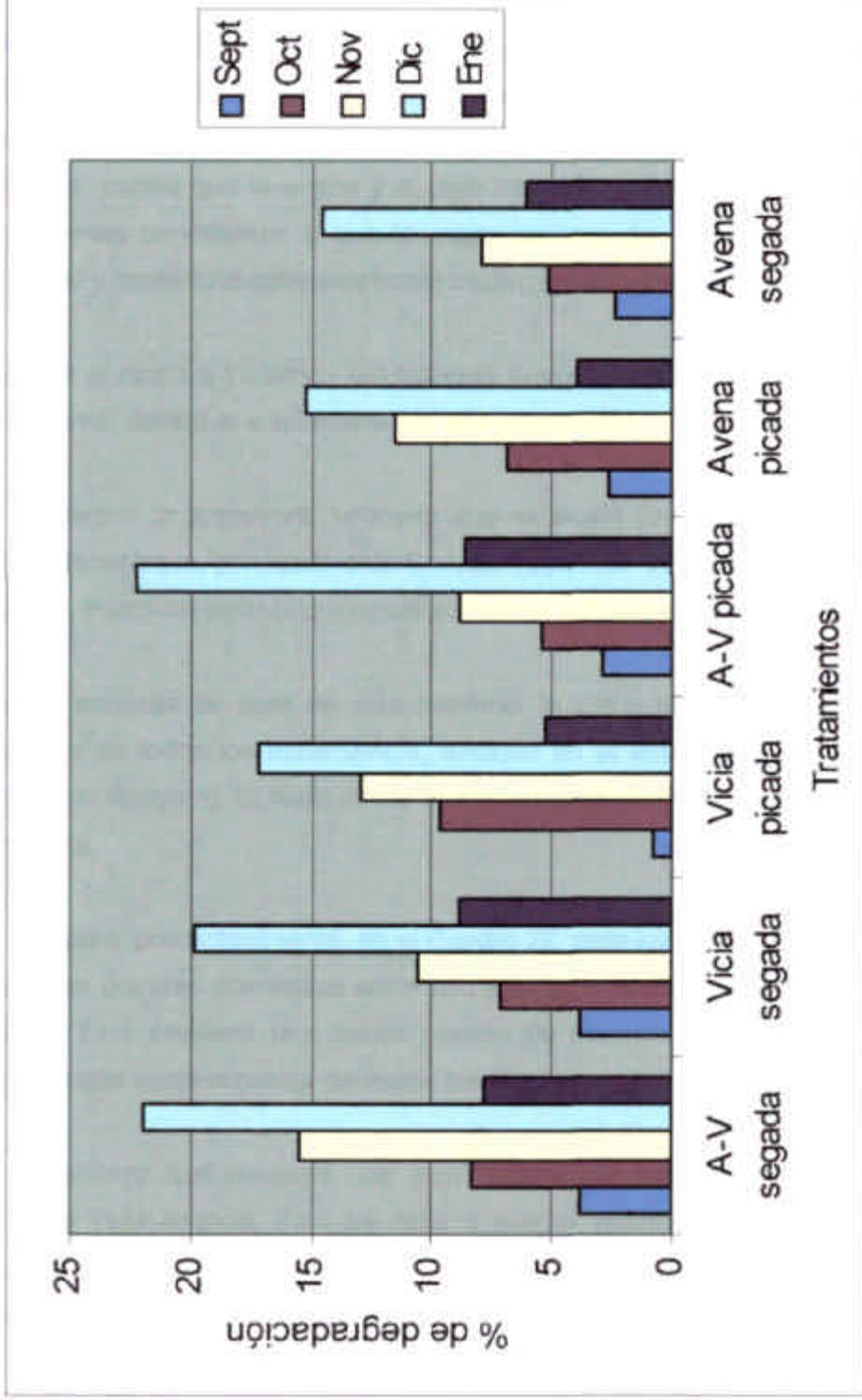


FIGURA 32. Porcentaje de degradación mensual de los distintos mulches, a partir de su cosecha.

#### 4.3.3. Presencia de malezas

SARE (1998) señala que el uso de coberturas disminuye el gasto en herbicidas, pues, a medida de que la cobertura crece, inhibe la germinación y crecimiento de malezas de otoño y de primavera temprana por competencia y sombreadamiento. Además, señala que la avena y el trigo han demostrado propiedades alelopáticas bajo ciertas condiciones y que la mejor manera de aprovechar la alelopatía es segando y dejando la cobertura como *mulch*, sin incorporarla.

Durante el otoño e invierno, las malezas fueron controladas efectivamente por las coberturas, debido al sombreadamiento que provocaron.

Al comenzar la primavera, una vez que el *mulch* fue colocado, aparecieron las primeras malezas, principalmente Chépica (*Cynodon dactylon*), Pichoga (*Euphorbia peplus*), Pasto del pollo (*Polygonum aviculare*) y Duraznillo (*Polygonum persicae*).

De las malezas de ciclo de vida perenne, la única que se presentó de manera agresiva en todos los tratamientos, excepto en la avena segada, fue la Chépica (*Cynodon dactylon*). El resto de las malezas predominantes fueron las de tipo anual y bianual.

Al comparar porcentualmente, en el Cuadro 27, para los distintos tratamientos no se observan grandes diferencias entre uno y otro, pero sí al comparar entre ellos y el testigo. Éste presenta una mayor presión de malezas, lo que demuestra que el *mulch* actúa como supresor de malas hierbas.

El tratamiento que presentó una menor incidencia de malezas fue la mezcla de avena y vicia segada. Esto se debe a que el volumen de *mulch* fue mayor en comparación con el resto de los tratamientos, lo que produjo un mayor sombreadamiento y menor espacio para el desarrollo de las malezas.

CUADRO 27. Desarrollo de malezas expresado en porcentaje de superficie ocupada en un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> de los distintos tratamientos de *mulch* y testigo, en diciembre del 2000.

Maleza	Avena-Vicia segada	Avena-Vicia picada	Vicia segada	Vicia picada	Avena segada	Avena picada	Testigo
<i>Cynodon dactylon</i>	6	18	24	11		8	25
<i>Euphorbia pepus</i>	28	25	11	32	45	5	30
<i>Polygonum aviculare</i>	2	7	12	20	9	2	13
<i>Senecio vulgaris</i>	3		4				3
<i>Polygonum persicæ</i>	10	20			10	25	15
<i>Verbascum virgatum</i>	7						
<i>Anthemis cotula</i>	9						
<i>Convolvulus arvensis</i>	8	9		2		31	10
<i>Raphanus sativus</i>	1		9		2		4
<i>Veronica anagallis</i>	2	2	21		12	4	
<i>Lamium amplexicaule</i>			1	5			
<i>Sonchus oleraceus</i>		2		8	3	2	
<i>Lactuca serriola</i>				5	1		
<i>Urtica urens</i>		1					
<i>Silybum officinale</i>						3	
<i>Taraxacum officinale</i>					2		
Total	76	84	82	83	84	80	100

## 5. CONCLUSIONES

No hubo efecto del *mulch* sobre la densidad aparente del suelo en las distintas épocas muestreadas; sin embargo, se presentaron diferencias entre las tres estaciones del año en que fueron tomadas las muestras.

No se presentaron diferencias mensuales entre el efecto de los distintos mulches sobre los parámetros químicos (pH, CIC y relación C/N) del suelo.

Existió efecto de todos los mulches sobre la temperatura de suelo a 30 cm de profundidad, siendo menor que la temperatura presentada por el testigo en los meses más cálidos.

No hubo respuesta diferente de los árboles a los distintos tratamientos en la densidad de raíces, distribución de diámetro radical y frutos cuajados.

La mezcla de avena-vicia presentó un aporte de materia seca aérea significativamente mayor que cada componente por separado.

La disminución en altura de los mulches no presentó diferencia entre los distintos tratamientos, pero sí se observó un mayor porcentaje de degradación en el mes de diciembre.

No se presentaron diferencias en todos los parámetros evaluados entre los tipos de corte, segado y picado.

Descriptivamente, los mulches presentaron menor presencia de malezas en comparación con el testigo.

## 6. RESUMEN

Las condiciones en que se cultiva el palto en Chile difieren a las de su zona de origen, lo que hace necesario desarrollar nuevas técnicas que favorezcan una mayor productividad y calidad de frutos. Además, en una agricultura cada día más dinámica y tendiente a la disminución de uso de productos sintéticos, se torna esencial realizar manejos agronómicos que favorezcan al mejoramiento y preservación del medio ambiente.

El uso de coberturas vegetales y mulches orgánicos han sido utilizados en distintas especies hortícolas, siendo una excelente alternativa para mejorar las características físicas, biológicas y químicas del suelo.

En la Estación Experimental La Palma, Quillota, se sembraron coberturas vegetales (*Avena sativa*, *Vicia atropurpurea* y una mezcla de ambas) entre los camellones de un huerto de paltos cv. Hass de dos años de edad con el fin de evaluar su efecto sobre distintos parámetros del suelo, de la planta, además de la degradación y aporte de materia seca de las especies sembradas.

En este primer año de evaluación, no se encontró efecto del *mulch* sobre los parámetros de Densidad Aparente, pH, Capacidad de Intercambio Catiónico y relación Carbono/Nitrógeno del suelo. Sólo se presentó efecto de los mulches en relación al testigo sobre la temperatura de suelo a 30 cm de profundidad, pero no se diferenciaron entre ellos

Los parámetros de densidad y distribución de diámetros de las raíces del palto, así como su cuaja, no fueron influenciados por las coberturas y posteriores mulches.

La mezcla de avena y vicia presentó un mayor aporte de materia seca en comparación con cada especie sembrada por sí sola.

El mayor porcentaje de degradación de todos los mulches se observó en el mes de diciembre, sin que se presentaran diferencias entre los distintos tratamientos de *mulch* y tipos de corte.

## 7. LITERATURA CITADA

- ALTIERI, M.A. 1983. Agroecología. Bases científicas de la Agricultura Alternativa. Berkeley, California. 183p.
- APPROPRIATE TECHNOLOGY TRANSFER FOR RURAL AREAS (ATTRA). 1999. Overview of Cover Crops and Green Manures, (on line). [www.attra.org](http://www.attra.org)
- BRIZUELA, M. 2000. Importancia de la materia orgánica en la agricultura ecológica, (on line), [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)
- BUCKMAN, H. 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Quinta Edición. Mexico. Editorial Limusa. 590p.
- CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Edición española. Madrid, Mundiprensa. 249p.
- CASALE, W. 1990. Analysis of suppressive soils and development of biological control methods for Phytophthora root rot of avocado. California Avocado Society Yearbook 74:53-56.
- CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE CULTIVOS DE COBERTURA (CIDICCO). 1995. Utilización de leguminosas de en plantaciones perennes, (on line), [www.rds.org.hk](http://www.rds.org.hk)
- COGGER, C. 1997. Cover crops for home gardens in Western Washington and Oregon, (on line), <http://cahe.wsu.edu>
- ELMORE, C. 1989. Vegetation management systems in almond orchards. California Agriculture. 43(4) 16-17p.
- FOSHEE, W., GOFF, W., TILT, K. y WILLIAMS, J. 1996. Organic mulches increase growth of young pecan trees. Hortscience 31(5): 811-812.

GREGORIOU, C. y RAJKUMAR, D. 1984. Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (*Persea americana* Mill) and mango (*Mangifera indica* L). Journal of Horticultural Science 59(1):109-117.

HANNA, R., ZALOM, F. y ELMORE, C. 1995. Integrating cover crops into grapevine Pest and nutrition management: The transition phase, (on line). [www.sarep.ucdavis.edu](http://www.sarep.ucdavis.edu)

HONORATO, R. 1994. Manual de edafología. Santiago. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 196p.

INGELS, C. 1994. Cover crop selection and management in orchards and vineyards, (on line), [www.sarep.ucdavis.edu](http://www.sarep.ucdavis.edu)

LATH WELL, P. 2000. Cover crops, (on line), [www.farmid.com](http://www.farmid.com)

LOVATT, C.J., BERTLING, I. y BLANKE, M. 1994. Comparison of determinate Inflorescences to determine the roles of PGRs, carbohydrate, nitrogen, and other nutrients in fruit set of the "Hass" avocado. California Avocado Society Yearbook. 78:183-186.

\_\_\_\_\_ y SALAZAR-GARCJA, S. 1994. Fruit set and yield of Hass avocado can be increased by shifting the time of bloom or by proper timing of nitrogen fertilization. California Avocado Growers. 78:179-181.

McGUIRE, C. 2000. Cover crops and green manures, (on line), [www.main.org](http://www.main.org)

MAGDHAL, C. 1998. La industria de la palta en Chile. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar 4-6 Nov. 1-13p.

MANNERING, J.V., GRIFFITH, R. y JOHNSON, K. 1996. Winter Cover Crops- Their Value and Management, (on line), [www.agry.purdue.edu](http://www.agry.purdue.edu)

MANGAN, F. 1995. Cover crops, (on line), [www.umass.edu](http://www.umass.edu)

- MARTINEZ, A. 1981. Proyecto de implantacion de un sistema de riego tecnificado en la Estacion Experimental "La Raima", Quillota. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota. Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 102p.
- MELARATO, R. 1998. Agricultura ecologica, (on line), [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)
- MORGAN, R. 1997. Erosion y conservation del suelo. Madrid, Mundiprensa. 343p.
- NOVOA, R., VILLASECA, R., DEL CANTO, P., ROVANET, J., SIERRA, C. y DEL POZO, A. 1989. Mapa agroclimatico de Chile. Santiago, INIA. 221 p.
- PEET, M. 2000. Cover crops and living mulches, (on line), [www.cals.ncsu.edu](http://www.cals.ncsu.edu).
- PLASTER, E. 1997. La ciencia del suelo y su manejo. Segunda edicion. Madrid, Editorial Paraninfo. 419p.
- POUND, B. 1997. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en America, (on line), [www.fao.org](http://www.fao.org)
- ROBINSON, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience 23:547-552.
- RODRIGUEZ, F. 1982. El aguacate. Primera edicion. Mexico, ACT Editor. 166p.
- ROMERO, M. 2000. La agricultura ecologica como solution a los problemas planteados por la agricultura convencional, (on line). [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)
- SATTEL, R., DICK, R., KARROW, R., KAUFMAN, D., LUNA, J., McGRATH, D. y PEACHY, E. 1999. Using Cover Crops in Oregon, (on line). [www.ifs.orst.edu](http://www.ifs.orst.edu)
- SUSTAINBLE AGRICULTURE RESEARCH and EDUCATION (SARE). 1998. Managing Cover Crops Profitably, (on line), [www.sare.org](http://www.sare.org)

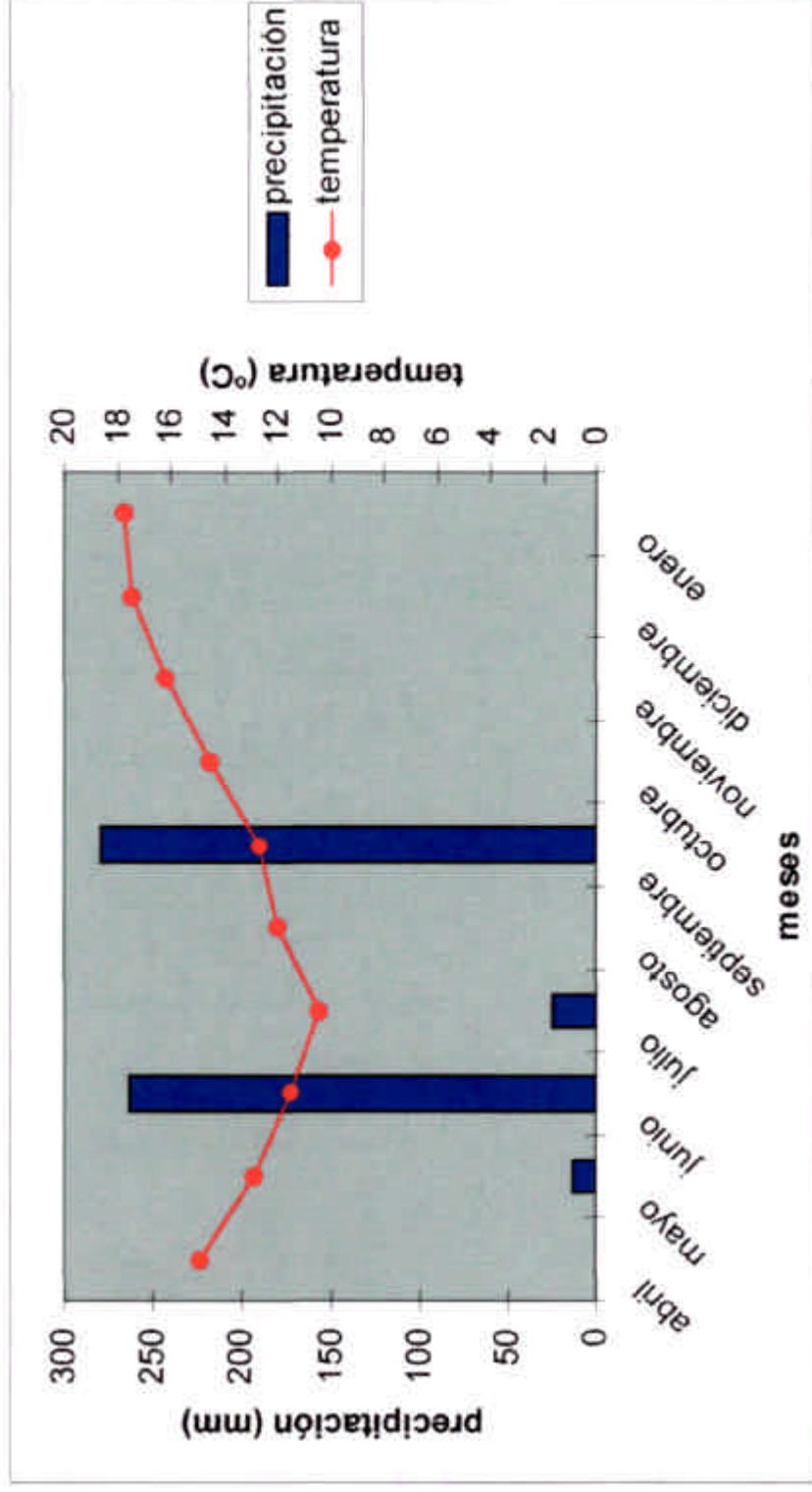
- SILVA, M., LOZANO, U. 1983. Descripción de las principales especies forrajeras entre la zona mediterránea árida y la zona de las lluvias. Santiago, Universidad de Chile. 139p.
- STINSON, J., BRINEN, G., McCONNELL, D. y BLACK, R. 1990. Evaluation of Landscape Mulches. Proc. Fla. State Hort. Soc. 103:372-377.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mili) cultivar Hass, para la zona de Quillota V Región. Taller de licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 141p.
- TUKEY, R. y SCHOFF, E. 1963. Influence of different mulching materials upon the soil environment. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 82:68-76.
- TURNEY, J. y MENGE, J. 1994. Root health: Mulching to control rootdisease in avocado and citrus. Riverside. California Avocado Society, Inc. California Avocado Commission and Citrus Research Board. 8p. (Circular No CAS-94/2)
- WHILEY, A. y WINSTON, E. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado growing areas in Australia. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook 10:45-47.
- \_\_\_\_\_, 1990. Interpretación de la fenología y fisiología del palto para obtener mayores producciones. Universidad Católica de Valparaíso. Curso internacional de producción, poscosecha y comercialización de paltas. Viña del Mar, 2-5 de Oct.
- WOLSTENHOLME, B., MOORE-GORDON, C. y COWAN, A. 1997. Orchard mulching effects on avocado fruiting. Conference'97 Searching for Quality. Australian Avocado Growers' Federation Inc. Millenium Hotel, Rotorua, NewZeland. 23-26 sept 1997:119-130.

## **ANEXOS**

ANEXO 1. Costo por hectárea de la implantación de cultivos de cobertura de guano de pavo.

	Avena picada	Avena segada	Vicia picada	Vicia segada	Avena-Vicia picada	Avena-Vicia segada	Guano de pavo
Semilla	13200	13200	28320	28320	20800	20800	
Urea	17653	17653	17653	17653	17653	17653	
Super fosfato triple	31000	31000	31000	31000	31000	31000	
Preparación de suelo	4500	4500	4500	4500	4500	4500	
Siembra	13500	13500	13500	13500	13500	13500	
Picadora	19820		19820		19820		
Tractor	60000		60000		60000		
Segadora		19820		19820		19820	
Costo en predio							87500
Jornada		4500		4500		4500	4500
Total	159673	104173	174793	119293	167273	111773	92000

ANEXO 2. Precipitaciones y temperaturas ambientales presentadas desde abril (siembra) hasta enero.



ANEXO 3. Valores de densidad aparente observados en las distintas estaciones de muestreo.

Tratamientos	fin otoño	fin invierno	fin primavera
Avena-Vicia segada	1,65	1,57	1,64
Avena-Vicia picada	1,69	1,53	1,55
Vicia segada	1,53	1,51	1,54
Vicia picada	1,67	1,55	1,59
Avena segada	1,67	1,47	1,57
Avena picada	1,60	1,57	1,59
Testigo	1,65	1,62	1,57
Media	1,64	1,55	1,58

ANEXO 4. Valores de pH presentados en el suelo de los distintos tratamientos, durante los distintos meses.

Tratamientos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Avena segada	7,6	7,7	8,2	8,4	7,9	7,9	8,0
Avena picada	8,1	8,2	8,3	8,3	7,8	8,0	8,1
Vicia segada	8,0	8,2	8,4	7,7	7,6	8,1	8,0
Vicia picada	8,0	8,2	8,4	8,5	7,9	8,1	8,0
Avena-Vicia segada	8,0	8,0	8,2	8,0	7,6	8,1	7,9
Avena-Vicia picada	8,2	8,1	8,1	8,4	7,7	7,9	7,9
Testigo	7,9	8,0	8,1	8,2	7,7	8,0	7,8
Media	8,0	8,1	8,2	8,2	7,7	8,0	7,9

ANEXO 5. Valores de Capacidad de intercambio catiónico presentados en el suelo de los distintos tratamientos, durante los distintos meses.

Tratamientos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Avena segada	15,98	17,77	19,96	16,00	18,53	20,06	16,98
Avena picada	15,98	18,69	21,40	16,80	17,21	21,59	17,42
Vicia segada	16,88	18,03	19,71	15,89	19,62	21,40	18,42
Vicia picada	14,64	16,43	18,47	15,80	17,10	21,63	17,21
Avena-Vicia segada	15,52	17,72	19,95	18,60	15,89	20,31	17,93
Avena-Vicia picada	18,22	18,93	20,34	18,94	17,97	20,95	18,19
Testigo	14,86	16,49	18,68	18,05	18,46	23,03	14,20
Media	16,01	17,72	19,78	17,15	17,82	21,28	17,19

ANEXO 6. Temperaturas de suelo (°C) medidas a 30 cm de profundidad bajo los distintos tratamientos, a tres horas diferentes del día.

09:00 a.m.

Tratamientos	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero
Avena	10,8	11,9	13,9	16,4	18,4	20,0	21,0
Avena vicia	10,9	11,6	13,3	15,9	18,5	20,1	21,1
Vicia	10,9	12,1	13,6	16,2	18,4	19,9	20,9
Testigo	11,0	12,7	13,6	16,5	18,7	20,2	21,5

12:00 p.m.

Tratamientos	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero
Avena	10,8	12,3	14,3	16,7	19,2	20,8	21,5
Avena vicia	10,4	12,0	13,8	16,5	20,4	20,8	21,2
Vicia	10,7	12,4	14,1	16,5	19,0	20,6	21,3
Testigo	10,9	12,9	14,5	16,8	19,4	21,1	21,9

05:00 p.m.

Tratamientos	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero
Avena	11,1	12,9	14,7	17,1	20,0	21,6	22,2
Avena vicia	10,9	12,4	14,1	17,0	20,0	21,6	21,7
Vicia	11,1	12,7	14,6	17,2	19,7	21,4	22,2
Testigo	11,2	13,7	14,8	17,5	20,3	22,1	22,7

ANEXO 7. Valores de relación Carbono/Nitrógeno del suelo presentados en los distintos tratamientos, desde julio hasta enero.

Tratamientos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Avena segada	11,43	11,21	9,26	9,32	10,21	12,76	12,50
Avena picada	11,36	11,33	9,24	8,94	8,55	12,02	11,89
Vicia segada	12,56	12,53	8,88	8,69	9,97	14,82	12,98
Vicia picada	9,92	9,82	9,21	9,25	9,90	9,90	9,04
Avena-Vicia segada	10,44	10,26	8,81	8,59	10,05	14,95	13,10
Avena-Vicia picada	10,68	10,41	8,00	8,51	9,19	13,51	12,85
Testigo	10,90	10,70	9,16	8,63	11,30	9,32	9,63
Media	11,04	10,89	8,94	8,85	9,88	12,47	11,71

ANEXO 8. Valores de aporte de materia seca (ton/ha) de las distintas coberturas medidos el 15 de agosto del 2000.

Materia seca aérea

Avena vicia	Vicia	Avena
5,4173	3,5247	3,3665
7,5103	2,1243	4,458
3,835	2,8817	4,7593
3,8763	3,0357	3,005

Materia seca radical

avena-vicia	vicia	avena
25,641	13,95	14,59
9,952	2,378	9,9685
14,002	5,3675	6,5165
7,6765	5,3425	3,629

ANEXO 9. Porcentaje de degradación (disminución en altura) mensual de los distintos mulches.

Tratamientos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Avena-Vicia segada	3,8	8,3	15,5	22,0	7,8
Vicia segada	3,8	7,2	10,5	19,9	8,8
Vicia picada	0,9	9,7	13,0	17,2	5,3
Avena-Vicia picada	2,9	5,5	8,8	22,3	8,6
Avena picada	2,6	6,9	11,5	15,2	4,0
Avena segada	2,4	5,2	8,0	14,6	6,1

ANEXO 10. Densidad de raíces (nº/100 ce) presentadas en paltos bajo distintos tratamientos de mulch.

Tratamientos	35 cm		70 cm	
	Antes de primavera	Después de primavera	Antes de primavera	Después de prim.
Avena-Vicia segada	11	208	103	208
	231	397	157	229
	116	448	90	385
	94	229	87	366
Vicia segada	203	323	172	228
	169	195	395	270
	11	306	18	216
	124	187	110	225
Vicia picada	108	149	131	328
	143	206	81	356
	218	152	143	313
	228	188	129	330
Avena-Vicia picada	145	115	144	232
	88	82	169	148
	86	106	72	224
	230	114	149	166
Avena picada	239	341	184	418
	84	204	29	330
	94	295	64	385
	94	139	111	203
Avena segada	166	101	86	425
	160	160	92	104
	63	277	46	330
	130	216	89	121
Testigo	89	293	105	361
	67	142	21	223
	168	333	55	349
	155	45	26	105

ANEXO 11. N° de raíces/100 ce clasificadas por categoría de diámetro.

Tratamientos	muy pequeña (0-0,5 mm)			
	Antes de primavera		Después de primavera	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
Avena-Vicia segada	9	12	179	156
	221	85	379	168
	22	63	427	370
	60	43	202	321
Vicia segada	186	155	312	216
	122	299	185	219
	9	12	301	209
	28	87	179	211
Vicia picada	14	62	139	310
	101	46	195	333
	194	138	144	298
	180	59	180	311
Avena-Vicia picada	143	139	106	224
	18	37	80	141
	19	56	99	220
	4	136	105	158
Avena picada	220	169	321	363
	82	22	183	314
	78	42	280	342
	60	92	103	184
Testigo	33	37	279	333
	57	6	138	212
	152	108	325	325
	149	0	5	78
Avena segada	135	65	69	376
	27	70	143	87
	36	21	262	293
	8	52	201	103

ANEXO 11. N° de raíces/100 ce clasificadas por categoría de diámetro,  
(continuación)

Tratamientos	pequeña (0,6-1,3 mm)			
	Antes de primavera		Después de primavera	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
Avena-Vicia segada	2	79	28	36
	6	69	13	41
	83	25	19	14
	28	33	24	34
Vicia segada	14	13	7	9
	30	83	10	51
	2	5	5	7
	90	16	8	14
Vicia picada	83	62	9	17
	30	25	10	22
	19	5	8	15
	41	63	7	18
Avena-Vicia picada	2	5	9	8
	63	115	1	7
	62	16	7	4
	224	13	9	8
Avena picada	16	8	13	35
	2	4	15	15
	11	16	11	28
	27	14	29	15
Testigo	48	63	11	22
	10	15	4	10
	16	23	8	18
	6	48	40	27
Avena segada	29	19	22	34
	85	18	17	10
	20	17	12	28
	107	30	14	13

ANEXO 11. N° de raíces/100 ce clasificadas por categoría de diámetro,  
(continuación)

Tratamientos	mediana (1,4-2,2 mm)			
	Antes de primavera		Después de primavera	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
Avena-Vicia segada	0	12	1	16
	4	3	0	16
	11	2	2	1
	1	11	3	9
Vicia segada	3	2	2	0
	17	8	0	0
	0	1	0	0
	6	7	0	0
Vicia picada	3	7	1	1
	11	7	0	1
	5	0	0	0
	5	7	0	1
Avena-Vicia picada	0	0	0	0
	7	14	1	0
	5	0	0	0
	2	0	0	0
Avena picada	3	7	4	15
	0	3	6	0
	4	6	2	9
	7	5	5	4
Testigo	6	2	2	5
	1	0	0	1
	6	2	0	6
	4	1	0	0
Avena segada	2	0	10	15
	27	3	0	6
	7	3	3	9
	14	7	1	5

ANEXO 11. N° de raíces/100 ce clasificadas por categoría de diámetro,  
(continuación)

Tratamientos	grande (2,3 o + mm)			
	Antes de primavera		Después de primavera	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
Avena-Vicia segada	0	0	0	0
	0	0	5	4
	0	0	0	0
	5	0	0	2
Vicia segada	0	2	2	3
	0	5	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
Vicia picada	8	0	0	0
	1	3	1	0
	0	0	0	0
	2	0	1	0
Avena-Vicia picada	0	0	0	0
	0	3	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
Avena picada	0	0	3	5
	0	0	0	1
	1	0	2	6
	0	0	2	0
Testigo	0	0	1	1
	0	0	0	0
	0	4	0	0
	0	0	0	0
Avena segada	0	2	0	0
	21	1	0	1
	0	5	0	0
	1	0	0	0

ANEXO 12. N° de panículas, N° flores y N° frutos cuajados bajo distintos tratamientos de mulch.

Tratamientos	N° panículas			N° flores			N° frutos cuajados		
Avena-Vicia	19,0	19,3	14,0	95,0	96,3	70,0	2,3	2,3	0,0
segada	12,0	18,3	21,3	60,0	91,3	106,3	0,5	4,8	2,3
Vicia segada	16,3	22,5	27,3	81,3	112,5	136,3	1,0	2,8	2,0
	17,8	37,3	6,8	88,8	186,3	33,8	1,5	5,0	1,0
Vicia picada	19,0	20,5	30,8	95,0	102,5	153,8	1,3	0,5	1,3
	19,3	23,3	19,0	96,3	116,3	95,0	1,3	3,0	4,3
Avena-Vicia	22,3	19,0	17,8	111,3	95,0	88,8	1,5	5,0	1,0
picada	17,5	19,8	29,3	87,5	98,8	110,0	3,8	3,8	2,8
Avena picada	9,5	18,0	18,3	47,5	90,0	91,3	1,8	2,3	5,5
	11,8	14,0	12,5	58,8	52,5	62,5	2,5	1,8	0,5
Avena segada	18,8	15,5	23,5	93,8	77,5	117,5	4,8	1,8	4,8
	15,0	23,0	15,8	75,0	115,0	78,8	1,3	3,3	3,5
Testigo	18,8	24,8	18,3	93,8	123,8	91,3	2,8	4,5	1,8
	28,0	21,0	19,0	140,0	105,0	95,0	2,8	1,5	2,8