

28 NOV 2008

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	28/11 2008
Hora	10:10
N° Ingreso	1315



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
Escuela de Agronomía

**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NITROGENO EN EL SUELO DE  
UN VIÑEDO EN TRANSICION ORGANICA POR EFECTO DE CUATRO  
CULTIVOS DE COBERTURA**

Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo  
**CLAUDIA MANOLA ARRIAGADA MENDEZ**

Profesor Guía : Carlos Pino Torres Ing. Agr. *M. Sc.*  
Profesores Informantes : Fernando Fernández Ing. Agr. MBA  
Estrella Garrido Ing. Agr. *M. Sc.*

Curicó – Chile  
2008

## RESUMEN

Los cultivos de cobertura representan una alternativa efectiva para el aporte de nitrógeno, sin embargo, la disponibilidad de este elemento en el suelo está sujeta a un conjunto de transformaciones. El objetivo de este experimento es evaluar el efecto de cuatro cultivos de coberturas en la disponibilidad de nitrógeno para el viñedo en transición orgánica. Los cultivos de cobertura ensayados fueron pradera natural, lupino, chícharo y avena/vicia, los cuales se establecieron en toda la superficie del viñedo, luego fueron cortados, picados, y dejados como mulch en la sobrehilera. Para caracterizar el comportamiento de los cultivos de cobertura se determinó la densidad de plantas ( $\text{pl.m}^{-2}$ ), longitud del tallo principal (cm), materia seca ( $\text{TMS.ha}^{-1}$ ) y cantidad de nitrógeno ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) presente en la MS. Para establecer el contenido de nitrógeno disponible se determinó la concentración de  $\text{NH}_4^+$  (ppm), de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  (ppm) y de N-mineral total (ppm) en suelo. Para caracterizar el comportamiento del viñedo se analizó el peso de poda ( $\text{kg.pl}^{-1}$ ) y la producción del viñedo ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ), datos con los que se calculó el índice ravaz. La avena/vicia (T3) presentó los mejores valores en cuanto a densidad de plantas, longitud del tallo principal y producción de materia seca. La pradera natural es el tratamiento que menos N presenta por hectárea. El chícharo (T2) presentó valores medios de densidad y MS. El lupino (T1) presentó el contenido de N más alto (3,7 %). Las leguminosas solas (lupino y chícharo) presentan más nitrógeno ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) que las asociadas (avena/vicia y pradera natural). No se encontraron diferencias significativas en el contenido de N-mineral en el suelo entre los tratamientos, la(s) especie(s) que componen el mulch no tienen efecto sobre la concentración de nitrógeno en el suelo, al menos durante el periodo que duró este experimento. Tampoco se observaron diferencias significativas de condición de vigor ni de productividad. Se concluye que no hay efecto del cultivo de cobertura sobre el comportamiento del viñedo, al menos no durante el periodo en que se realizó este experimento.

### *Palabras clave*

Nitrógeno, cultivo de cobertura, leguminosas, nitrógeno disponible y viñedo.

**INDICE GENERAL**

<b>RESUMEN</b>	<b>ii</b>
Palabras clave	ii
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
Key words	iii
<b>INDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCION</b>	
Hipótesis	
Objetivo general	
Objetivos específicos	
<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	
Ciclo de los nutrientes	
Ciclo del Nitrógeno	
Nutrición orgánica	
Cultivos De Cobertura	
El Nitrógeno en la Vid	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
Ubicación del Ensayo	
Características Edafoclimáticas	
Cultivo Indicador	
Aporte Nutricional Base	
Tratamientos	
Variables Evaluadas	
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis de los cultivos de coberturas

Análisis del N-mineral en el suelo

Análisis del Viñedo

## CONCLUSION

## LITERATURA CITADA

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

- Figura 1** Dinámica del ciclo de los nutrientes
- Figura 2** Formas de nitrógeno presentes en el suelo
- Figura 3** Ciclo del nitrógeno
- Figura 4** Esquema de la distribución física de los tratamientos
- Figura 5** Marco metálico de 0,5 m<sup>2</sup> utilizado para determinar materia seca
- Figura 6** Densidad de cada uno de los tratamientos
- Figura 7** Longitud del tallo de las cuatro especies sembradas en el experimento
- Figura 8**
- Figura 9** Materia seca de cada uno de los tratamientos
- Figura 10** Cantidad de nitrógeno presente en la materia seca (MS) de cada uno de los tratamientos
- Figura 11** Evolución de la concentración  $\text{NH}_4^+$  en el suelo para cada tratamiento
- Figura 12** Evolución de la concentración  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  en el suelo para cada tratamiento
- Figura 13** Evolución de la concentración de N-mineral en el suelo por cada tratamiento
- Comparación de los pesos de poda de dos temporadas y entre los tratamientos
- Cuadro 1** Procesos y estructuras que participan en la absorción, reducción y asimilación de nitrato en la planta
- Cuadro 2** Precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas promedio durante el periodo de crecimiento de las coberturas vegetales y de muestreo de suelo
- Cuadro 3** Tratamientos y dosis de siembra
- Cuadro 4** Especies presentes en la pradera natural (T0)

- Cuadro 5** Contenido de nitrógeno en cada tratamiento, en base a peso seco
- Cuadro 6** Rendimiento, peso racimo y peso bayas de cada tratamiento evaluados en la cosecha
- Cuadro 7** Índice de ravaz (rendimiento  $\text{kg.pl}^{-1}$ )/poda ( $\text{kg.pl}^{-1}$ )) entre cosecha 2006/poda 2006

**INDICE DE ANEXOS**

FINANCIAMIENTO 59

ANOVA	59

## 1. INTRODUCCION

Es conocido que el nitrógeno (N) es un elemento indispensable en la fotosíntesis, para que las plantas fijen carbono del aire y produzcan buenos rendimientos. Sin embargo, la disponibilidad del N en el suelo está sujeta a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte, siendo el N deficiente en la mayoría de los suelos, más aún en terrenos erosionados, agotados por monocultivo en suelos que se explotan de manera continua y exigente. Actualmente las necesidades de N de los cultivos son suplidas principalmente mediante la aplicación de agroquímicos, fertilizantes nitrogenados de origen industrial.

Para la agricultura orgánica el manejo adecuado del suelo consiste en mantener un ciclo cerrado de nutrientes y un uso de fuentes de tipo locales y biológicas (FIA *et al*, 2002). Esto se puede lograr mediante prácticas, de uso de cultivos de cobertura (CC) como alternativa para regular el contenido y disponibilidad de algunos de los nutrientes del suelo, mejorando así sus características físicas, biológicas y químicas (Fernández, 2000).

Los CC basados en el uso de especies de leguminosas, con alta eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, representan una alternativa efectiva para el aporte de este elemento. Al ser incorporados o dejados como mulch permiten el enriquecimiento del suelo con N en forma de compuestos orgánicos, prácticamente inasimilables por las plantas. A través del proceso de mineralización y nitrificación el N-orgánico se convierte en N-mineral (Lampkin, 2001). Urquiaga y Zapata (2000) sostienen que al utilizar plantas con altas tasas iniciales de fijación biológica de N, se pueden acumular en promedio  $1 \text{ k N ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , lo cual significa que a los dos meses podría colocar en el suelo casi el equivalente de la dosis de N recomendada para la mayoría de los cultivos.

La vid (*Vitis vinifera* L), al igual que los demás cultivos utiliza nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Es fundamental para esto conocer y analizar el rol que juega el nitrógeno (N) como macroelemento esencial para el aumento de la producción y rendimiento de la vid (Hidalgo, 2002).

En Chile, la vid es una de las principales especies frutícolas cultivadas tanto para la producción de vinos como para uva de mesa, con una superficie destinada a su explotación de 110.097 ha<sup>1</sup>, de las cuales 1.892 ha son orgánicas o se encuentran en proceso de transición (O'Ryan *et al*, 2005).

Finalmente, para conseguir una buena producción del viñedo, con rendimientos económicamente atractivos, la absorción de N por la planta constituye una de las partes más relevantes del ciclo del N. Los diversos CC pueden variar significativamente en la velocidad de mineralización y liberación de N de sus residuos para el cultivo principal. No se puede generalizar el comportamiento de los CC, depende de la especie, edad, contenido de lignina, estrés, entre otros (Urquiaga y Zapata, 2000). La correcta elección de un CC en el viñedo permitirá cumplir con los objetivos y beneficios esperados, así como también, optimizar el aporte de este nutriente.

Como hipótesis se plantea que los cultivos de cobertura que posean mayor contenido de nitrógeno tendrán un efecto mayor sobre la disponibilidad de N en el suelo, sin embargo, no tendrán efecto sobre el viñedo, al menos no en la primera temporada.

Como objetivo general se evalúa el efecto de cuatro cultivos de coberturas correspondientes a: pradera natural, lupino, chícharo y avena/vicia, en la disponibilidad de nitrógeno para el viñedo en transición orgánica.

Como objetivos específicos se busca:

- Caracterizar el comportamiento de cuatro cultivos de cobertura respecto a la densidad, altura, materia seca y contenido de nitrógeno.
- Comparar la evolución de la concentración de nitrógeno mineral en el suelo después del corte de los cuatro cultivos de cobertura.
- Evaluar el comportamiento del viñedo en cuanto a condición de vigor y productividad, con cuatro cultivos de cobertura diferentes.

---

<sup>1</sup> SAG, 2003

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Agroecosistema

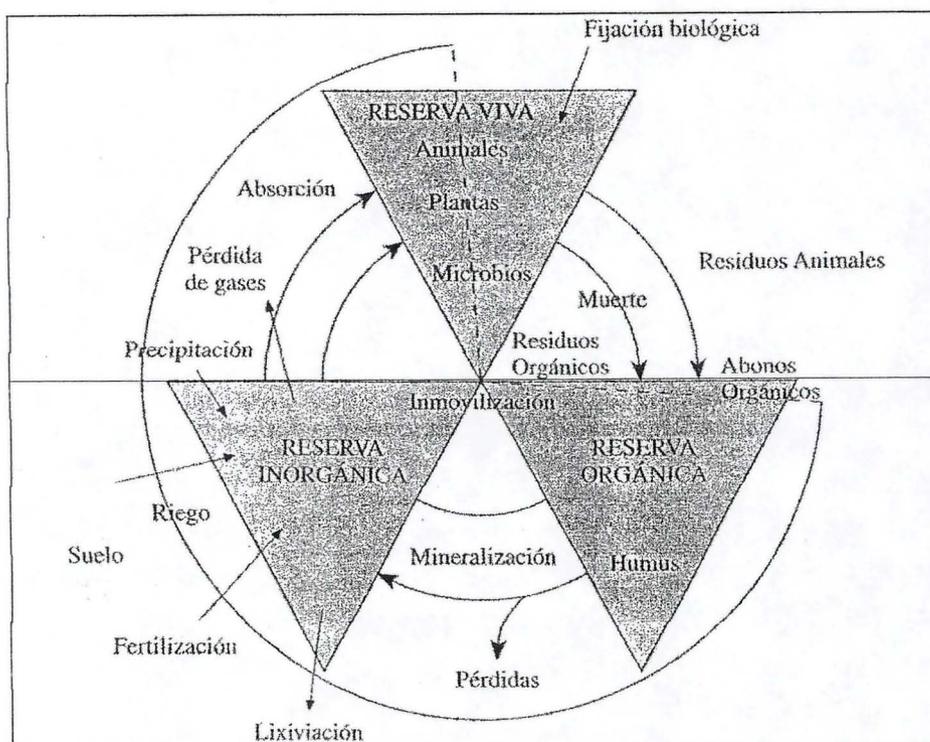
Los sistemas agrarios son el resultado de la intervención humana sobre los ecosistemas, en los cuales se adapta la sucesión ecológica y surge una jerarquía con una nueva configuración espacial y nuevas relaciones entre los elementos del sistema.

El agrosistema es la unidad ambiental en la que se desarrolla la actividad agraria, presenta un equilibrio inestable y una estructura simplificada y frágil; lo componen comunidades específicas que se regulan de manera artificial, con ciclos abiertos de materiales y energía dirigidos hacia la obtención de productos cotizados. Al ser un sistema artificializado modifican profundamente las propiedades de perdurabilidad de los ecosistemas sobre los que se organizan y apoyan y al mismo tiempo requiere de una constante intervención externa para mantener su productividad.

El agroecosistema alcanza su verdadero significado cuando aplicamos un enfoque sistémico para estudiar los procesos agronómicos, ecológicos, sociales y económicos que intervienen en los sistemas productivos (Labrador, 2001).

### 2.2 Ciclo de nutrientes.

A través de complejas transformaciones los elementos circulan por el ecosistema. En los agrosistemas el ciclaje de nutrientes es mínimo, existiendo un mayor aporte de recursos externos al sistema que cambian sus condiciones de fertilidad; además considerables cantidades de elementos se pierden por extracción con la cosecha, por volatilización, lixiviación o erosión. Estas pérdidas son sustituidas mediante aportes externos, que generalmente son menores en calidad y cantidad en comparación con lo extraído (Labrador, 2001).

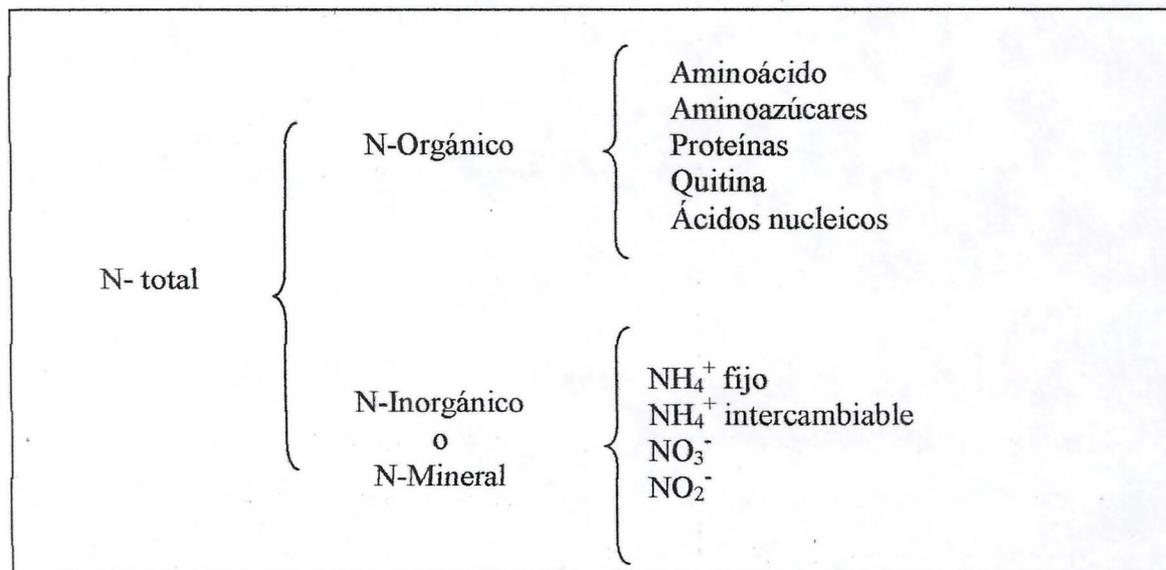


**Figura 1.** Dinámica del ciclo de los nutrientes.  
Fuente. Labrador, 2001.

En una situación ideal, el 100% de los nutrientes que entran a un predio como semillas, fertilizantes, abonos, etc., saldrían de éste como productos agrícolas. En el agroecosistema, en un ciclo ideal, los nutrientes estarían presentes en formas disponibles en cantidad y proporción relativa, sincronizados con las necesidades de captación del cultivo establecido. En épocas del año que se espera lixiviación debería haber un nivel de nutrientes disponibles tan bajo como sea posible. Otro objetivo sería disminuir las entradas de los nutrientes de fuera del predio y usar nutrientes provenientes de un ciclo interno del predio y fijación biológica del nitrógeno (Magdoff, 1999).

Desde el punto de vista de la producción orgánica la unidad de estudio es el agroecosistema, en el cual los distintos componentes están relacionados entre si y el manejo de la fertilidad no se reduce a suplir las necesidades del cultivo, si no más bien a nutrir y fortalecer el ecosistema edáfico, como base fundamental de la producción del cultivo principal (Altieri, 1999 y Lampkin, 2001).

El nitrógeno, desde el punto de vista cuantitativo, es uno de los elementos más abundantes en la planta, ocupa el cuarto lugar, después del carbono, oxígeno e hidrogeno, además cualitativamente tiene un rol crucial, ya que forma parte de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y hormonas (Wild, 1992).



**Figura 2. Formas de Nitrógeno presentes en el suelo.**  
Fuente: Modificado de Fassbender, 1987.

Las proteínas están formadas por cadenas de aminoácidos, cada uno de los cuales contiene uno a más grupos amino. Los ácidos nucleicos (ADN y ARN) están formados de nucleótidos, cada uno de los cuales contiene una base nitrogenada. La quitina es un polímero de N-acetil-glucosamina. Los aminoazúcares, tales como la glucosamina y la galactosamina, son azúcares típicos con grupos aminos adheridos a ellos.

Como ya se mencionó anteriormente, la disponibilidad de N es vital para las plantas, las cuales, captan el nitrógeno del suelo por absorción a través de las raíces en forma de N inorgánico. Como caso especial, las leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* pueden utilizar el N-atmosférico.

El movimiento del N en el agroecosistema se puede comprender al identificar todos estos cambios que experimentan los compuestos nitrogenados en el sistema suelo-planta-atmósfera. En estas transformaciones, que son parte del ciclo del N, intervienen de una u otra forma los microorganismos (Lampkin, 2001).

La interacción de todos los componentes (formas orgánica, inorgánica y molecular) y procesos (químicos y bioquímicos) del ciclo de N reflejan lo dinámico que es este elemento en el sistema suelo-planta-atmósfera y la complejidad de su ciclo.

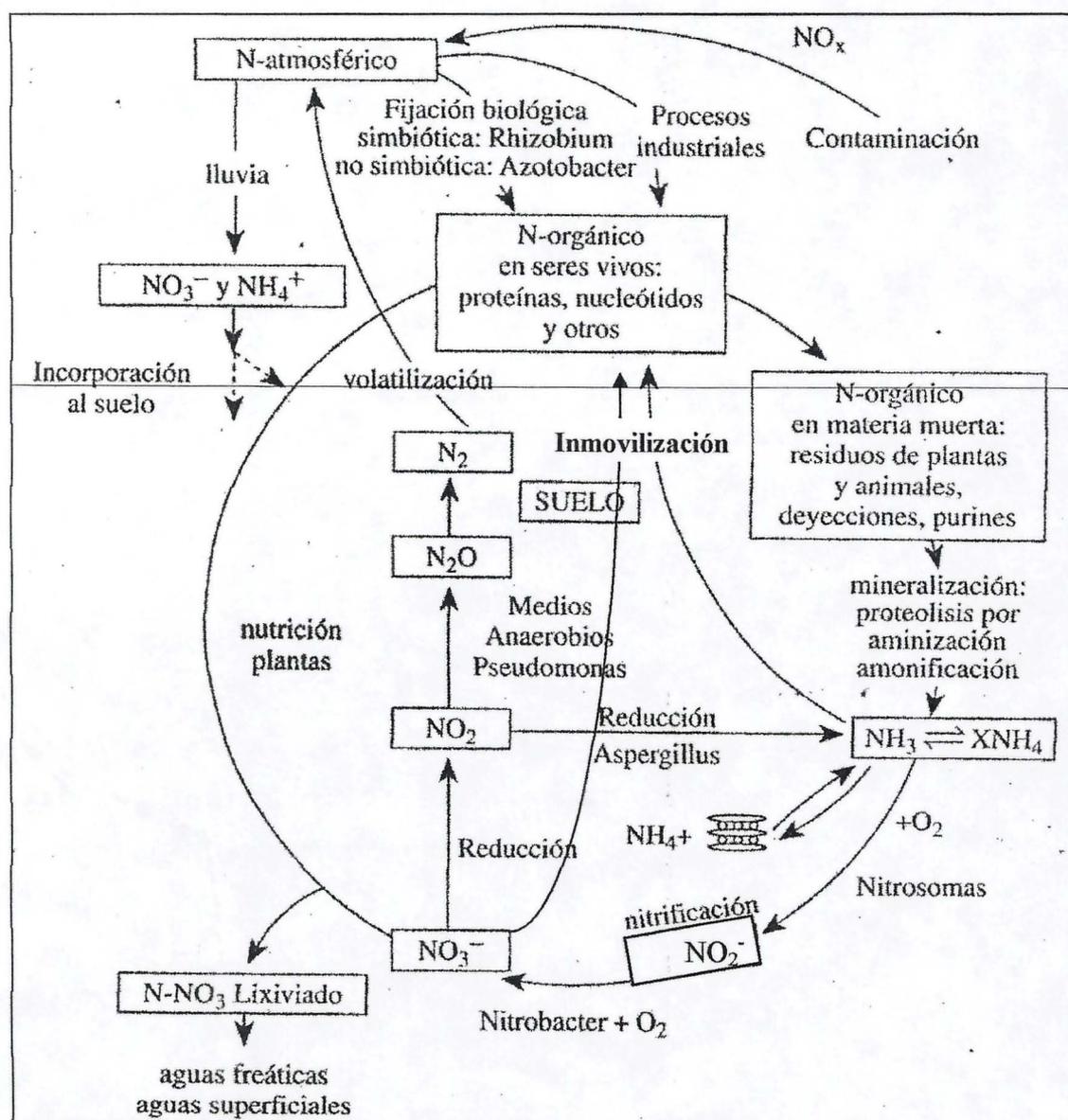


Figura 3. Ciclo del Nitrógeno  
Fuente. Modificado de Labrador, 2001

### 2.3.1 Fijación Biológica de Dinitrógeno

La fijación biológica de dinitrógeno ( $\text{FBN}_2$ ) se define como un proceso de biosíntesis en el cual se reduce nitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ) a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Bedmar, 1992). Se estima que cada año la cantidad de N fijado por microorganismos diazotróficos (que fijan N) es de 170 millones de toneladas, alrededor del 70% del todo el N fijado en el planeta, del cual la mayor aportación es realizada por la interacción simbiótica entre *Rhizobium*-Leguminales (Palomares y Coronado 1992).

El orden Leguminales se divide en tres familias: Fabaceae, Mimosaceae y Cesalpinaceae. La familia Fabaceae es la más amplia, comprende la mayor parte de las especies de importancia agrícola y aproximadamente un 85% de sus especies forman nódulo. En la familia Mimosaceae sólo un 25% de las especies forman nódulos fijadores de nitrógeno, en cambio, en la familia Cesalpinaceae son pocas las especies que poseen esta capacidad (Wild, 1992).

Se han propuesto 6 géneros de bacterias que forman nódulos con leguminosas. Los géneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Rhizobium* (especie tipo: *R. leguminosarum*) y *Sinorhizobium*, los cuales son de rápido crecimiento, nodulan plantas en zonas templadas o tropicales y algunos también puede formar nódulos en vida libre. Los géneros *Bradyrhizobium* y *Mesorhizobium* son de lento crecimiento, tiene un amplio rango de plantas huéspedes, incluyendo muchas leguminosas de zonas tropicales, subtropicales y templadas. Algunas fijan nitrógeno en vida libre. (Tao y Martínez, s.a.).

En esta asociación existe un cierto grado de especificidad, cada rizobio interactúa con una o pocas especies de leguminosas, tanto por la atracción quimiostática de los microorganismos en la rizosfera como por el sistema de reconocimiento. Las raíces de las plantas exudan compuestos de bajo peso molecular, entre ellos una mezcla de flavonoides, los cuales atraen, estimulan o envían señales a los *Rhizobium*, lo que se denomina atracción quimiostática. Los *Rhizobium* comienzan a sintetizar polisacáridos que se acumulan en su parte externa (exopolisacáridos). Las bacterias se adhieren a los

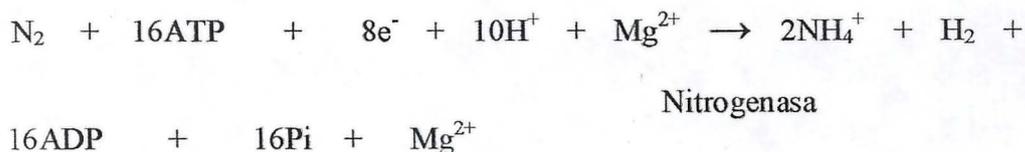
pelos radicales a través de la interacción entre los exopolisacáridos con las lectinas (glicoproteínas) de la pared celular de la raíz.

Tras este contacto se produce la deformación y curvatura del pelo radical, en este sitio comienza la infección. El *Rizobium* entra en la célula de la raíz por hidrólisis localizada de la pared celular y posterior invaginación de la membrana plasmática. A partir de la membrana invaginada la planta forma un tubo o cordón de infección. Este proceso reactiva las células del cortex de la raíz que comienzan a dividirse para así formar el primordio nodular. El cordón de infección transporta los rizobium desde el extremo del pelo radical hasta el primordio del nódulo. Los rizobios son liberados en el primordio nodular y rodeados por una membrana producida por la planta, llamada membrana peribacterial. En este instante se forma el nódulo. En el interior de las células del nódulo las bacterias se diferencian en bacteroides (rizobios transformados morfológicamente y fisiológicamente) y adquieren la capacidad de fijar nitrógeno.

El número y tamaño de los nódulos varía. Por regla general, a mayor número de nódulos en una planta, menor es su tamaño. Los nódulos efectivos (fijadores de N) son de mayor tamaño que los no efectivos (no fijadores de N). Un método práctico de determinar si el nódulo fija o no N es cortarlo y observar por dentro. El color rojo indica presencia de leghemoglobina y de nódulos efectivos. (Coyne, 2000 y Palomares y Coronado, 1992).

La enzima responsable reducción de N-atmosférico a  $\text{NH}_4^+$  resulta ser un complejo denominado nitrogenasa. Esta enzima está formada por dos subunidades: la molécula mayor es una proteína que contiene hierro y molibdeno (FeMo), es conocida como componente I o dinitrogenasa y la más pequeña es una ferroproteína, conocida como componente II o dinitrogenasa reductasa (Lluch y Ligeró, 1992; Postgate, 1998 y Wild, 1992). El MoFe es un cofactor esencial en la nitrogenasa. Las dos enzimas son necesarias para que produzca fijación, funcionan conjuntamente: la nitrogenasa reductasa reduce a la dinitrogenasa, mientras que esta última reduce el nitrógeno (Coyne 2000).

Según Coyne 2000 y Lluch y Ligeró (1992) el proceso de reducción de  $N_2$  a  $NH_4^+$  se puede expresar como:



Esta reacción es un proceso que requiere energía, el ATP y el poder reductor necesarios para la actividad de la nitrogenasa lo proporciona la planta por el mecanismo normal de exportación de fotosintatos (compuestos que se producen en la fotosíntesis) desde las hojas hasta la raíz. Entre un 15% y un 30% de los fotosintatos son transportados, vía floema, hasta los nódulos de la raíz (Bedmar, 1992 y Postgate, 1998).

El  $NH_4^+$  es un compuesto nitrogenado bastante tóxico, por lo cual la bacteria lo elimina rápidamente. Aproximadamente, un 90% del  $NH_4^+$  producido por la nitrogenasa se difunde hacia el citosol de la célula infectada. Se trata de un transporte pasivo a favor del gradiente de concentración. En las células del nódulo se forman una serie de compuestos nitrogenados que serán exportados a otros órganos de la planta vía xilema e impulsados por la corriente transpiratoria (Ligeró y Lluch, 1992).

### 2.3.3 Mineralización del Nitrógeno

Se llama mineralización de N a la serie de procesos, en el que interviene microorganismos, que transforman los compuestos orgánicos nitrogenados en amonio ( $NH_4^+$ ) (Wild, 1992).

La mayoría de los microorganismos del suelo son descomponedores primarios, a través de complejos sistemas enzimáticos, degradan sustratos orgánicos e inorgánicos y liberan nutrientes y energía, en una intrincada trama de interdependencias nutricionales. Para obtener los nutrientes que necesitan pueden degradar sustratos orgánicos tales como:

proteínas, celulosa, quitina, lignina, etc. a formas asimilables o utilizar directamente compuestos minerales solubles (Labrador, 2001).

Los microorganismos heterótrofos (bacterias, hongos o protozoos) utilizan, como fuente de energía el material orgánico presentes en el suelo. Entre los nutrientes que necesitan los microorganismos se encuentra el N. Para incorporar este elemento a su estructura primero lo debe degradar o extraer de los componentes orgánicos nitrogenados de suelo. El amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) es uno de los productos de la degradación de las proteínas y es la forma en que los microorganismos heterótrofos asimilan N (Wild, 1992).

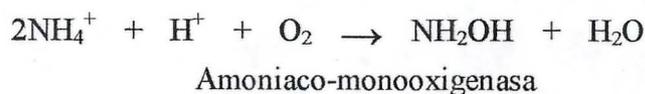
El sistema de manejo influye sobre la mineralización de N, esta es mayor en el suelo bajo cero labranza en comparación con la labranza tradicional (Leiva, *et al* 2005). En cuanto al efecto de la humedad sobre la mineralización, Videla *et al* (2005) comparó la tasa de mineralización de N en suelos con diferente contenido de humedad - 85% de capacidad de campo y a capacidad de campo- y concluyó que la mineralización fue más alta a 85% de la capacidad de campo.

Si los compuestos orgánicos degradados poseen más N del demandado por los microorganismos, entonces el exceso se libera por excreción al suelo. El  $\text{NH}_4^+$  resultante puede: 1) ser asimilado fácilmente por las plantas, 2) ligar al complejo de intercambio de cationes en el que ya está disponible, 3) fijarse en la arcilla, esta forma de N químicamente inmovilizado puede resultar lentamente disponible para las plantas y probablemente es la mayor fuente de N en el perfil del suelo, 4) reaccionar con la materia orgánica para formar complejos de quinona- $\text{NH}_2$ , importante en la formación de humus, 5) volatilizarse y 6) ser nitrificado. Por el contrario, si los compuestos orgánicos poseen menos de lo demandado, los microorganismos utilizaran el N del suelo para compensar la deficiencia, proceso que se denomina inmovilización de N (Coyne, 2000; Tisdale *et al*, 1993 y Wild, 1992).

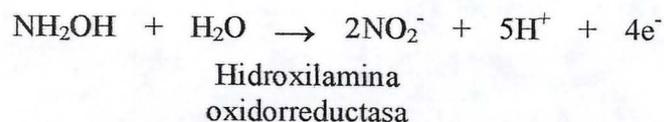
#### 2.3.4 Nitrificación

La nitrificación es la oxidación microbiana del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) primero a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y luego a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Este proceso es realizado principalmente por bacterias nitrificantes quimioautótrofas, que obtienen energía al oxidar el  $\text{NH}_4^+$  o el  $\text{NO}_2^-$ . En la oxidación del amonio intervienen bacterias de los géneros: Nitrosomonas, Nitrospina, Nitrosococcus y Nitrosolobus. La oxidación del nitrito en el suelo es realizada por bacterias de género Nitrobacter. (Coyne, 2000; Postgate, 1998 y Troeh y Thompson 1993).

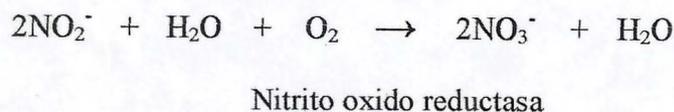
Según Cervantes *et al* (2000) y Coyne (2000) la nitrificación es un proceso secuencial de pasos múltiples.



El primer paso en la formación de  $\text{NO}_2^-$  es catalizado por la enzima Amoniaco-monooxigenasa (AMO), siendo el primer producto la hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ). El oxígeno del  $\text{NO}_2^-$  procede del oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ). El siguiente paso es la oxidación de la hidroxilamina a nitrito, proceso que cataliza la enzima hidroxilamina oxidoreductasa (HAO).



En el último paso se realiza la oxidación de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$ , el cual es catalizado por la enzima Nitrito oxido reductasa (NOR)



El oxígeno incorporado al  $\text{NO}_3^-$  proviene del  $\text{H}_2\text{O}$ .

Los oxidantes del nitrito obtienen menos energía de su sustrato que los oxidantes del amonio, tienen que metabolizar una cantidad mayor de nitrito para mantener el mismo

nivel de crecimiento. En consecuencia el nitrito es rápidamente oxidado, por lo que no es habitual que se acumule en el suelo. (Coyne, 2000).

Según Leiva *et al* (2005), la nitrificación es mayor en el suelo con la labranza tradicional que en los con cero labranza.

La temperatura del suelo, para la óptima actividad de nitrificadores es elevada, entre 25 y 30°C. A temperaturas inferiores a 5°C la nitrificación es mínima.

Bajos niveles de humedad reducen la actividad de microorganismos nitrificadores, lo que genera bajas concentraciones de amonio en el suelo, por lo tanto, al existir poco sustrato para la nitrificación, esta también disminuye. Sin embargo, en suelo en condiciones cercanas al punto de marchitez permanente y con un contenido de amonio suficiente, los nitrificadores siguen activos y son capaces de producir significativas cantidades de nitratos. Por otro lado altos niveles de humedad, cercanos a capacidad de campo, disminuyen la aireación del suelo, lo que afecta negativamente el proceso oxidativo de la nitrificación.

Las bacterias nitrificadoras requieren un medio con pH casi neutro, suelos ácidos dificultan su actividad. En general, pH comprendidos entre 5,5 y 8 no influyen en la nitrificación (Wild, 1992).

### **2.3.5 Asimilación del Nitrógeno por las plantas.**

El termino “asimilación de nitrógeno” hace mención a la conversión del N-mineral a N-orgánico en la planta (Valpuesta y Cárdenas, 1992).

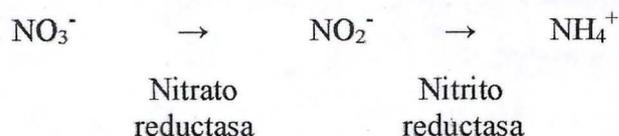
Las plantas absorben N a través de las raíces y utilizan amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Generalmente las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo son más elevadas que las de amonio (rápidamente oxidado a nitrato), por lo que, la principal fuente de N para plantas no leguminosas son los nitratos (Wild, 1992).

Según Maldonado (1992) la absorción de nitrato es de tipo activo, dependiente de una ATPasa que, activada por ATP, transporta unidireccionalmente  $\text{H}^+$  hacia el exterior. Esto

suministra la energía necesaria para el transporte de nitrato al interior de la célula contra gradiente. Los  $H^+$  y el nitrato son contrtransportados al interior de la célula con una estequiometría de  $2H^+ : 1NO_3^-$ .

Las plantas deben absorber todo el N-disponible, ya que es un factor limitante para su crecimiento. Si existe una absorción elevada de nitrato gran parte es almacenado en las vacuolas, pudiendo ser metabolizado posteriormente.

El amonio es la forma en que el N es incorporado a esqueletos carbonatados. Mediante el proceso de reducción de nitrato, las plantas reducen el nitrato hasta amonio, con altos costes energéticos e intervención de enzimas específicas, como se indica a continuación:



La incorporación de  $NH_4^+$  al esqueleto carbonatado y posterior formación de aminoácidos también tiene necesidades energéticas en forma de ATP, en todos los tejidos vegetales el amonio se asimila por medio del ciclo glutamina sintetasa/glutamato sintasa (GS/GOGAT). El amonio puede proceder directamente del exterior, de la reducción del nitrito o en el caso de las leguminosas de la FBN. En este caso se trata de una difusión pasiva a favor del gradiente de concentración originado por la rápida asimilación de amonio en el citoplasma. (Ligero y Lluch 1992 y Valpuesta y Cárdenas, 1992).

Altas concentraciones de amonio en el suelo tiene una serie de efectos tóxicos para la planta. El nitrato es una fuente segura de N, la planta puede controlar su reducción y, por lo tanto, la producción interna de amonio.

El N se transporta a la parte aérea de la planta a través de xilema. Si la fuente de N es nitrato, la planta puede transportarlo directamente como nitrato o bien como aminoácidos. En cambio, si la fuente es amonio la planta sólo puede transportarlo como aminoácido (Maldonado, 1992).

La ruta integral de absorción, reducción y asimilación de nitrato por la planta incluye los siguientes procesos y estructuras:

**Cuadro 1.** Estados, procesos y estructuras que participan en la asimilación de nitrógeno en la planta.

Proceso	Ocurre en células de:
Absorción del nitrato	Raíz
Almacenamiento reversible en las vacuolas	Raíz
Reducción a nitrito en el citosol	Raíz
Reducción a amonio en plasmidios	Raíz
Formación de aminoácidos	Raíz
Transporte de nitrato y aminoácidos a órganos superiores	Xilema
Almacenamiento reversible en las vacuolas	Hoja
Reducción e incorporación fotosintética de nitratos	Hoja
Reducción fotosintética a nitrito en el citosol	Hoja
Reducción fotosintética a amonio en cloroplasto	Hoja
Formación de aminoácidos	Hoja

Fuente: Modificado de Barceló *et al*, 2001.

### 2.3.6 Inmovilización del Nitrógeno

La inmovilización del N es el resultado del uso de N-inorgánico por los microorganismos. En otras palabras, la inmovilización es la transformación de los compuestos N inorgánicos en orgánicos (Tisdale *et al*, 1993; Troeh y Thompson 1993). No obstante, una definición mucho más limitada de inmovilización es la planteada por Coyne (2000), quien la define como la incorporación de N inorgánico a N orgánico por acción de los microorganismos. Si los materiales orgánicos que se están descomponiendo en el suelo tienen relaciones C/N altas, el contenido N mineral del suelo desciende debido a que los microorganismos utilizarán las reservas del suelo para satisfacer sus necesidades de N. En general, residuos orgánicos con relación C/N inferior a 30 (aproximadamente 1,8% N-total) no se producen pérdidas de N- mineral del suelo (Wild, 1992). El régimen de humedad es otro factor que tiene una influencia

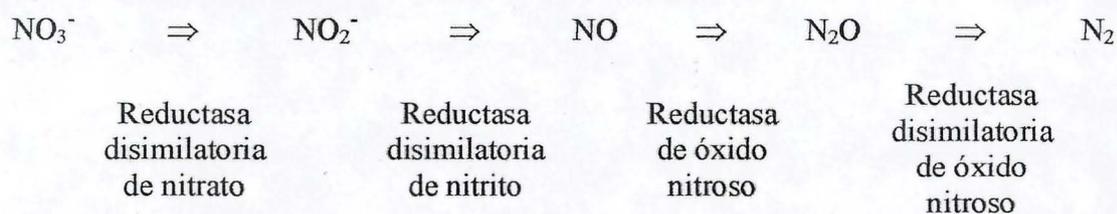
significativa sobre el proceso de inmovilización, siendo más altas cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo (Videla *et al*, 2005). El sistema de manejo también influye sobre la inmovilización de nitrógeno. Leiva *et al*, (2005) señalan que se produce una mayor inmovilización en suelo bajo cero labranza (CL) sin quema de residuos en comparación con suelos con labranza tradicional con quema de residuos, lo que se puede explicar por la alta cantidad de materia orgánica presente en CL.

La inmovilización y la mineralización ocurren simultáneamente el N-orgánico y el  $\text{NH}_4^+$  se intercambian continuamente en ambos sentidos. La inmovilización no constituye una pérdida permanente de N, ya que a la muerte de los microorganismos el N volverá a ser mineralizado (Wild, 1992).

### 2.3.7 Desnitrificación

La desnitrificación consiste en una serie de procesos, fundamentalmente biológicos, que llevan a la reducción de nitratos hasta óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y dinitrógeno ( $\text{N}_2$ ). Es una de las vías de pérdidas del N del agroecosistema más importante. Este proceso es realizado por bacterias anaerobias facultativas del suelo de amplia distribución taxonómica. Algunos géneros interesantes de mencionar, debido a su alta capacidad desnitrificadora, son *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus* y *Thiobacillus*. Estos microorganismos bajo condiciones anaeróbicas utilizan el oxígeno del nitrato como aceptor de  $\text{H}^+$  en su cadena respiratoria (Wild, 1992). Se puede considerar que los microorganismos que catabolizan el  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$ , respiran  $\text{NO}_3^-$ .

Según Coyne (2000) la ruta de desnitrificación es la siguiente:



En cada paso de la secuencia es necesaria una enzima distinta, las cuales son inhibidas por la concentración de oxígeno. Todas las enzimas se encuentran en la membrana celular y cada paso de la ruta se asocia con la generación de energía. (Coyne 2000).

La velocidad de desnitrificación depende de concentraciones de nitratos, contenido de oxígeno, condiciones de humedad, pH y temperatura (Fassbender, 1987). El control más importante es la concentración de oxígeno, el cual inhibe la síntesis de enzimas desnitrificantes. Cuando menos del 60% de los poros están ocupados por agua, la desnitrificación es mínima. La temperatura óptima es de 25 °C, con un rango de 5 °C a 75 °C. (Coyne, 2000)

### 2.3.8 Lixiviación

La lixiviación del N es un proceso abiótico y ocurre en forma de nitrato. Los  $\text{NO}_3^-$  se mantienen en la solución de suelo, ya que son muy solubles y no son adsorbidos por el complejo arcillo-húmico, a diferencia de los  $\text{NH}_4^+$  que son fijados como cationes de cambio en este complejo y presentan baja solubilidad. La lixiviación se origina cuando el  $\text{NO}_3^-$  presente en el suelo es lavado y arrastrado por debajo de la zona de crecimiento de las raíces. Esto se produce como consecuencia de una lluvia o riego superior a la evaporación. Este movimiento descendente del  $\text{NO}_3^-$  puede llegar incluso a la napa freática, lo que repercute sobre el medio ambiente y la salud humana. (Lampkin, 2001; Troeh y Thompson 1993; Wild, 1992). La cantidad de nitratos arrastrados depende de varios factores entre los que se destaca cantidad y forma de N adicionado, tasa de mineralización del N, capacidad de absorción de nitratos del sistema radicular, sistema de manejo, volumen de agua drenada, textura y estructura del suelo (Urquiaga y Zapata, 2000). Según (Fassbender, 1987) la lixiviación es una de las pérdidas de N más notables, lo que por supuesto se traduce en pérdidas económicas. Por el contrario, Urquiaga y Zapata (2000) indican que las pérdidas por este mecanismos son mínimas, menores al 3 % de N aplicado. Cualquiera sea el caso, es importante considerar en el diseño del sistemas agrícolas prácticas que contribuyan a disminuir las pérdidas por lixiviación.

## 2.4 Nutrición Orgánica

En la producción orgánica el manejo de la fertilidad del suelo se realiza en forma permanente y esta relacionado principalmente con una alta actividad biológica, que se logra adicionando tanto componentes físicos como biológicos. La materia orgánica en el suelo no es homogénea, por cuanto depende de las características propias de cada predio, como tipo de vegetación, uso del suelo y clima (Gallardo, 1992).

El proceso de cambios tecnológicos en las prácticas agrícolas y de readecuación biológica del sistema agropecuario, se ha denominado reversión ecológica o transición. Este cambio consiste en dos condiciones, una de ellas es efectuar un cambio tecnológico o innovación, que permitan intervenir los sistemas agrícolas de producción, dándoles estabilidad biológica y conservando la base física de éstos, mediante la introducción de insumos de naturaleza biológica y manejo de la materia orgánica. El segundo cambio es producto de la primera condición, y tiene relación con el aumento de la actividad biológica de la unidad de producción en su conjunto (Venegas, 1997).

Paul (1991), señala que la materia orgánica en el suelo, esta constituida por los residuos vegetales y animales, los cuales son transformados y descompuestos por la mesofauna y microorganismos del suelo. Cuando hablamos de materia orgánica nos referimos a la totalidad de los componentes de origen orgánico que se superponen al suelo o se incorporan a él. Dentro de sus funciones esta el aportar nutrientes, entre ellos nitrógeno (Labrador, 1996).

La idea es desarrollar y mejorar la microflora biológica del suelo, esto se logra mediante la eliminación del uso de agroquímicos, sustituyéndolos por compuestos o elementos de base orgánica o biológica que no impacten negativamente en el ambiente. Es clásico el reemplazo en los sistemas orgánicos de las fuentes de nitrógeno sintético por alternativas orgánicas como estiércol, compost, abonos verdes y purines. (Venegas, 1997).

## **2.5 Cultivos de Cobertura**

Los cultivos de cobertura corresponde a la practica agrícola que se basa en la siembra de plantas herbáceas perennes o anuales (de invierno o verano) con el objetivo mantener el suelo cubierto durante parte o todo el año. La cubierta vegetal puede incorporarse al suelo a través de la labranza, lo que se denomina abono verde o se puede cortar y dejar sobre el suelo como cobertura muerta o mulch (Altieri, 1999).

Chorbadjian y Kogan (2001) definen los cultivos de cobertura como la siembra en las entre hileras de un cultivo perenne, como por ejemplo un viñedo, de una o varias especies vegetales que son cultivadas sin fines económicos directos, es decir, no es cosechada para alimentación animal o la venta. También se considera cubierta vegetal aquella constituida por flora espontánea o malezas. En este caso se debe evitar la presencia de especies perennes y de difícil control, como Chufas (*Cyperus rotundus* y *C. esculentus*), Maicillo (*Sorghum halepense*), Chépica (*Cynodon dactylon*), Correhuela (*Convolvulus arvensis*) y Falso té (*Bidens aurea*).

### **2.5.1. Beneficios de los cultivos de cobertura en viñedos.**

El primer beneficio que se puede mencionar dice relación con la mejora en la fertilidad del suelo. Al establecer cultivos de cobertura la fertilidad del suelo se mejora porque contienen nutrientes que son liberados al suelo según se van descomponiendo. Al incorporar los CC al suelo se aumenta el contenido de materia orgánica en este, lo que conlleva a una activación de procesos biológicos que hacen más aprovechables los nutrientes, se mejora la infiltración del agua y la aireación del suelo. Si la cobertura incluye leguminosas se produce un enriquecimiento con N gracias a la FBN. Los CC previenen la erosión, es decir, la pérdida de nutrientes del suelo, al interceptar las gotas de lluvia, al disminuir el escurrimiento superficial de agua y gracias a que las raíces protegen la tierra (Altieri 1999). Así Sánchez (2004) señala que algunas coberturas como la Avena y la Ballica son una fuente para manejar la fertilidad del suelo, ya que, realizan un aporte de macronutriente.

Otro beneficio se refiere al control de malezas, plagas y nemátodos, en el manejo de malezas el espacio, luz, humedad y nutrientes que ellos requieren para su desarrollo reducen su crecimiento, funcionando como asfixiantes (Altieri, 1999).

Los cultivos de cobertura afectan las poblaciones de plagas. En un ensayo realizado en un viñedo de Brasil se evaluó el efecto del manejo del suelo con y sin cubierta vegetal sobre poblaciones de enemigos naturales (insectos de la familias Vespidae, Coccinellidae, Araneae, Chrysopidae, Syrphidae), se concluyó que las coberturas tiene un efecto positivo sobre diversidad y abundancia de los potenciales controladores biológicos (Matéelo, et al, 2001). En un sistema manejado con cultivos de cobertura existe un mayor número de artrópodos fitófagos y benéficos, sin embargo, la proporción de artrópodos benéficos/ fitófagos es mayor en presencia de la cubierta vegetal, es decir, la cubierta favorece más a los artrópodos benéficos que a los fitófagos (Chorbadjian y Kogan, 2001).

Algunas especies utilizadas como cultivos de cobertura son controladoras de nemátodos ya que producen compuestos nematicidas, estos compuestos pueden ser biocidas, o interferir de otras formas en el ciclo vital del nemátodo. Un ensayo realizado en un parronal plantado con la variedad Thomphson Seedless, para evaluar la efectividad de distintas especies de plantas con antecedentes de actividad nematicida en el control de *Xiphinema index*. Los investigadores concluyeron que uso del raps (*Brassica napus*) es una herramienta factible para el control de este nemátodo. Aballay e Insunza (2002)

Se destaca el efecto de las coberturas en el aumento de la diversidad en el agroecosistema. El viñedo deja de ser un monocultivo de *Vitis vinifera*, y pasa a ser una asociación de cultivos entre la vid y la cobertura; apareciendo los controladores biológicos de plagas, potenciándose la actividad del suelo, la presencia de micro y macro organismos, es decir, se activan las relaciones entre los distintos componentes y comienza a estabilizarse el agroecosistema.

Par lograr estos beneficios se debe realizar un diseño predial adecuado, que incluya la utilización de plantas que posean las características antes mencionadas y que al mismo tiempo sea compatible con el cultivo principal.

### **2.5.2. Elección de los cultivos de cobertura**

Generalmente se utilizan como cultivos de cobertura especies de leguminosas debido a que adicionan N al suelo, sin embargo, es común la siembra de mezclas que incluyen especies de gramíneas (Altieri, 1983).

Una buena cubierta de leguminosa con nodulación activa, puede aportar de 50 a 100 kg de nitrógeno por hectárea sin incluir raíces y vegetación, las cuales pueden aportar otros 103 a 150 kg de nitrógeno por ha una vez descompuestas en el suelo (Varnero, 1991).

Por su parte las gramíneas y crucíferas, son plantas que absorben todos los nutrientes directamente del suelo (especialmente nitrógeno) y los devuelven al ser incorporados a él. Por lo anterior las gramíneas se siembran casi siempre en asociación con leguminosas, pues permiten obtener una masa de vegetación más importante; al mismo tiempo las gramíneas sirven de tutor a las leguminosas, quedando así mejor ocupado el suelo, debido a que los sistemas de raíces son complementarios, esto tiene un efecto sobre la estructura del suelo muy favorable. Las raíces fasciculadas de las gramíneas producen un efecto disgregador en suelos pesados, confiriendo al suelo un aspecto granuloso, muy apropiado para el cultivo. En suelos arenosos están especialmente indicadas, pues después de ella la tierra retiene mucho mejor los nutrientes y les confiere cierta cohesión (Puchades, 2001).

Por otra parte, la formación de sustancias pre-húmicas al descomponerse la masa radicular, favorece la aparición de un humus joven, muy activo que propicia una mejor descomposición de las pajas de los cereales y de los materiales celulósicos (restos de poda, partes leñosas de otros cultivos, etc.), ya que mantienen un medio húmedo y equilibra la relación C/N. Raggi (1990), menciona que si los cultivos de cobertura no se manejan correctamente pueden producir efectos nocivos sobre el suelo. Si el material

incorporado está demasiado maduro, especialmente si se trata de no leguminosas o material con alta relación carbono/nitrógeno, las complicaciones que aparecerán durante la descomposición del material incorporado serán principalmente por falta de nitrógeno.

### 2.5.3 Lupino (*Lupinus albus* L.)

El lupino pertenece familia Fabaceae, en Chile la especie que se ha sembrado tradicionalmente es de lupino blanco (*L. albus*), cuyo grano es blanco y de gran tamaño principalmente de crecimiento indeterminado, sin embargo existen variedades con crecimiento determinado. Los tallos de lupino blanco son gruesos, huecos y de estructura más bien leñosa hacia la madurez; el número de ramas primarias y secundarias puede ser superior a veinte, la altura de las plantas puede fluctuar entre 0,4 y 2,0 m, siendo lo normal que alcance un valor promedio aproximado de 1 m.

Las hojas son medianas, palmeadas y compuestas, presentando entre 5 y 11 folíolos de forma oblonga, el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia, la floración de las plantas es bastante desconcentrada, producto del hábito de crecimiento y del tipo de arquitectura que ellas presentan; debido a esto, es que en un momento dado en una misma planta es posible observar vainas ya formadas, inflorescencias en plena floración y botones florales en desarrollo, las flores son grandes y se agrupan en inflorescencias racemosas terminales; el número de flores por racimo fluctúa entre veinte y ochenta en el caso de lupino blanco, cada flor tiene cinco pétalos, uno llamado estandarte, dos pétalos laterales llamados alas y dos pétalos inferiores soldados que conforman la quilla; las flores se unen al racimo a través de cortos pedicelos. Las vainas se presentan agudizadas en forma curva en los extremos; miden entre 7 y 15 cm de largo y entre 1,3 y 2,0 cm de ancho; además son pubescentes y no presentan una dehiscencia marcada y contienen entre tres y seis semillas. El número promedio de vainas por planta es muy variable, pudiendo fluctuar entre 10 y 80<sup>2</sup>. Los principales genotipos utilizados en Chile son Rumbo y Typ Top (Von Baer, 1995).

---

<sup>2</sup>PUC, s.a.

El género *Lupinus* ampliamente distribuido en el ámbito mundial, según datos estadísticos entregados por INE (2002) señalan que en Chile el cultivo del lupino ha aumentado en forma importante, llegando en la temporada 2001-2002 a 14,540 has, con una producción de 42 mil ton aproximadamente. Los rendimientos promedio son de 20 quintales métricos por hectárea (Vallejos *et al*, s.a). Existen diversas especies que son cultivadas para consumo animal y humano.

Las ventajas comparativas del lupino en Chile respecto a las otras leguminosas de grano son amplias: su fijación de nitrógeno va de 50 a 200 kg.ha<sup>-1</sup> en suelos (Von Baer, 1996), además puede adaptarse a suelos pobres y climas secos como el secano interior de Chile central, en estas condiciones el lupino surge como una interesante posibilidad como cultivo de cobertura.

#### 2.5.4 Chícharo (*Lathyrus sativus* L.)

Pertenece a la familia Fabaceae, es una planta de crecimiento indeterminado, con altura promedio que varía entre 30 a 50 cm dependiendo de las condiciones ambientales, presenta tallos angulosos, semirastreros y volubles, con zarcillos de tamaño intermedio, hojas alternas de color verde claro, flores de color blanco, la vaina presenta de 1 a 3 granos con cutícula de color blanco crema, cotiledones amarillos. (Tay *et al*, 2004).

Se cultiva entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía, en los secanos costero e interior y existen pequeñas siembras en la región de los Lagos. Es sembrado por pequeños agricultores con un bajo nivel tecnológico y con una superficie promedio de 1300 ha<sup>5</sup>. Los rendimientos de chícharo oscilan entre 700 y 1000 kg ha<sup>-1</sup> <sup>3</sup>. En Chile se cultiva exclusivamente para grano seco y es utilizado principalmente para la alimentación de ganado, su uso es muy bajo en alimentación humana y usualmente restringido a los lugares en que se produce (Tay *et al*, 2004).

Los agricultores siembran su propia semilla, constituida por una mezcla de ecotipos seleccionados por ellos mismos con granos de mayor tamaño y de color claro, sin

---

<sup>3</sup> ODEPA, 2002

embargo, existen algunas variedades desarrolladas por INIA como Quila-Blanco, Luanco-INIA, L. Lumaco y Blanco austral (Tay *et al*, 2004 y Krarup, 2002).

Estas se destacan por su buen comportamiento en áreas de secano, bajo condiciones de sequía y en suelos marginales. (Tay *et al*, 2004)

### **2.5.6 Avena/Vicia (*Avena sativa* L. / *Vicia atropurpurea* L.)**

La avena (*Avena sativa*) es una gramínea anual que pertenece a la familia Poacea. Su inflorescencia es una panícula conocida comúnmente como panoja. La planta de avena está formada al igual que otros cereales con dos tipos de raíces, las seminales que se forman a partir de la radícula durante la germinación y las adventicias o permanentes que emergen de la base del tallo o corona. El tallo es cilíndrico y formado por cuatro o cinco internudos huecos y por el mismo número de nudos compactos, las hojas, son solitarias y sésiles y se ubican a lo largo del tallo en forma alterna y opuesta, la hoja consta de vaina foliar, lámina foliar o limbo y lígula, que es un apéndice membranoso, la panoja esta formada por un número variable de flores, de dos hasta siete, dependiendo de la especie y variedad (INIA, 2006). La avena tiene amplia distribución en Chile, desde Aconcagua hasta Magallanes y es el cereal más usado en el país para producción de forraje en el periodo invernal. La producción en las zona centro sur y sur es de 2,5 ton/ha (INIA, 1996).

La vicia (*Vicia atropurpurea*) es una especie de Fabaceae anual de tallos largos y abundantes, capaces de crecer en altura fijándose, mediante zarcillos, a otras plantas de caña firme, sus flores son de color púrpura, las vainas y hojas son vellosas, las semillas son esféricas y de color negro con pequeño sector blanco. Se adapta a suelos de diversas texturas, fertilidad y profundidad (INIA, 2002).

La avena-vicia es una pradera suplementaria de invierno que se obtiene mediante la siembra de dos especies forrajeras, de preferencia, temprano (en abril) para lograr mayores cantidades de forraje. Las siembras tardías afectan negativamente su

crecimiento y las dosis de semillas usadas entre 80 y 100 kg/ha de avena y 40 a 50 kg/ha de vicia.

Esta asociación presenta ventajas sobre la siembra de cada una de ellas por separadas. Se obtiene más forraje, de mejor calidad y con menores pérdidas de follaje verde por contacto con el suelo (INIA, 2002). Además, ambas especies presentan una buena adaptación a diferentes zonas agroclimáticas y diferentes tipos de suelo.

### **2.5.7 Pradera natural.**

La pradera natural se caracteriza por un gran número de especies; la composición florística varía de norte a sur. En el sector norte existen gramíneas y leguminosas, en cambio al avanzar hacia el sur, casi no aparecen leguminosas anuales. Las praderas naturales son por lo general, de muy baja productividad y calidad, además de la mala distribución que se da a través del año (INIA, 1996), sin embargo, los costos de establecimiento son prácticamente nulos, realizan un aporte de fitomasa y mantienen un reciclaje de nutrientes.

## 2.6 El Nitrógeno en la vid

Es necesario tener en consideración que, comparativamente, la vid es una especie de bajos requerimientos nutricionales, tal vez por ser muy eficiente en la absorción y asimilación de ellos y/o por disponer de un buen sistema radicular que es capaz de explorar y minar un gran volumen de suelo. Tiene además, la posibilidad de obtener N durante una temporada de crecimiento prolongada 6-8 meses en Chile.

La deficiencia de nitrógeno (N) produce en las hojas un color amarillento generalizado y afecta procesos de desarrollo vitales en forma simultánea, provocando un pobre crecimiento, un bajo rendimiento y problemas en la fermentación de los mostos. Un exceso de este fertilizante es un estímulo exagerado al crecimiento vegetativo lo cual se traduce en un excesivo desarrollo del follaje y un sombreadamiento. Esta situación reduce el nivel de azúcar que origina problemas de baja productividad y mala calidad de la uva. Debilita el tejido vegetal lo que genera una mayor susceptibilidad a enfermedades fungosas como botritis y oído (Pérez, 1999).

Según Reynier (1995), la vid absorbe nitrógeno a un ritmo desuniforme y se puede distinguir 3 fases críticas: la floración, el crecimiento activo de los pámpanos y el engrosamiento rápido de los frutos.

La mayor demanda por N se produce en la época del gran crecimiento vegetativo de brotes en primavera, durante los dos primeros meses desde la brotación. Luego, y una vez llegado el verano la demanda del brote disminuye ya que su tasa de crecimiento es menor, terminando prácticamente al momento de formación de la yema terminal.

Las reservas nitrogenadas corresponden al N que es almacenado en órganos y tejidos con células vivas en la planta para un uso posterior. (Bañados, 2001)

Se considera que la corteza y madera de brotes, tronco y raíces son los lugares de almacenaje de reservas nitrogenadas más importantes en plantas perennes leñosas. Los

factores que afectan el almacenaje y utilización de las reservas nitrogenadas por la vid, son producción, estado nutricional, temperatura de suelo y tipo de poda. (Pérez, 1999).

En el caso de la vid, las reservas acumuladas en los diferentes órganos de la planta en la temporada anterior satisfacen la gran demanda de N que se produce en primavera.

Las reservas acumuladas en las yemas son las primeras en ser utilizadas, (transformada en brote), dos semanas después de brotación comienza la movilización de reservas desde la corteza de sarmientos. Después de este período el N almacenado en las raíces es movilizado hacia la parte aérea. El N aplicado al suelo no es relevante en el desarrollo del brote, más bien determinará el crecimiento y las reservas para la próxima temporada.

La vid tiene estructuras permanentes y presentan un ciclo interno o reciclaje interno del N. Este movimiento tiene un patrón estacional, gran parte de lo acumulado durante una temporada de crecimiento será utilizado la siguiente para su crecimiento y desarrollo. Muchos de los efectos que vemos en una temporada son el resultado de situaciones o manejos que hemos hecho la temporada precedente (Bañados, 2001).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del ensayo**

El ensayo se realizó durante la temporada 2005/2006 en el Campo Experimental Cauquenes del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Raihuén (35°, 58' lat. S; 72°, 17' long. O; 177 m.s.n.m.), ubicado en la región del Maule.

#### **3.2 Características edafoclimáticas**

El suelo corresponde a la serie Maule, un alfisol de origen granítico, ligeramente profundo, de textura franco arenosa. Presenta una permeabilidad moderada y buen drenaje. (CIREN, 1996)

El clima es del tipo mediterráneo semiárido con inviernos relativamente fríos y veranos calurosos. El periodo libre de heladas es de 259 días y como promedio 6 heladas al año. Registra anualmente 1762 días-grado y 950 horas de frío. Se observa una precipitación media anual de 696 mm y un periodo seco de 7 meses. (Santibáñez y Uribe, 1990).

El cuadro 2, muestra el resumen de los datos climáticos durante el periodo en que se realizó el experimento, es decir, desde la siembra de las coberturas vegetales hasta el último muestreo de suelo.

Cuadro 2. Precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas promedio durante el periodo de crecimiento de las coberturas vegetales y de muestreo de suelo.

Mes-Año	T°mín. prom. (C°)	T°máx. prom. (C°)	T°máx. prom. (C°)	Precipitaciones (mm)
may-05	5,88	14,82	10,35	181,6
jun-05	6,12	13,41	9,77	220,8
15-jul-05	6,32	13,86	10,09	108,0
29-jul-05	5,66	13,92	9,79	32,8
16-ag-05	5,86	14,54	2,54	119,4
01-sep-05	5,97	14,64	1,85	74,0
15-sep-05	5,87	16,25	11,06	35,6
03-oct-05	5,50	17,89	11,69	16,6
17-oct-05	7,45	20,53	13,99	1,4
31-oct-05	7,84	21,68	14,76	6,6
nov-05	9,56	24,78	17,17	23,6
dic-05	10,83	25,10	17,97	*9,6
ene-06	12,69	29,51	21,10	**9,8
feb-06	13,51	29,04	21,27	7,2
mar-06	9,37	25,97	17,67	1,6

Fuente: Estación Agroclimática INIA Campo experimental Cauquenes

\*faltan los datos de 18 al 31 de diciembre

\*\*faltan los datos del 1 al 3 de diciembre

### **3.3 Cultivo indicador**

En el experimento se utilizaron 9 hileras de en un viñedo cv. 'Cabernet Sauvignon' establecido en 1982. En la temporada 2004-2005 se encuentra en el tercer año de transición en manejo orgánico, certificado por la empresa BCS-Chile. Se maneja bajo el sistema de conducción denominado doble cruceta con cordón apitonado, con distancias de plantación de 3,5 m entre hileras x 2 m sobre hilera ( $1.665 \text{ plantas.ha}^{-1}$ ) y orientación norte-sur. El sistema de riego implementado corresponde al de goteo, con una línea lateral por hilera de plantas, con goteros espaciados a 0,5 m y con caudal de  $1 \text{ L.h}^{-1}$ .

### **3.4 Aporte nutricional base**

Se aplicó  $400 \text{ kg.ha}^{-1}$  de roca fosfórica al voleo en toda la superficie, antes de romper el suelo, es decir, dentro de las labores de siembra de los cultivos de cobertura (31 de mayo 2005).

### 3.5 Tratamientos

En el experimento se evaluaron cuatro cubiertas vegetales. Como característica común de los cultivos de cobertura utilizados se puede mencionar que todas son anuales de invierno. El establecimiento se realizó el día 31 de mayo de 2005, para aprovechar las lluvias invernales y evitar el riego suplementario. Las labores contemplaron una preparación previa del suelo de toda la superficie utilizada en el experimento y que consistió en dos roturas con rastra de discos. La siembra fue al voleo y para el tapado de la semilla se utilizó una rastra de rama. Todas las fabáceas fueron inoculadas con rizobio específico y peletizadas. Los tratamientos y dosis de siembra se detallan en cuadro 2.

Cuadro 3: Tratamientos y dosis de siembra.

Tratamientos	Variedad	Origen de la semilla	Dosis de siembra (kg.ha <sup>-1</sup> )	Semillas.g <sup>-1</sup>	Semilla.m <sup>-2</sup>
T0: Pradera natural (testigo)	-	-	Sin sembrar	-	-
T1: Lupino ( <i>Lupinus albus</i> L.)	Multolupa	-	120	3,1	37,2
T2: Chicharo ( <i>Lathyrus sativus</i> L.)	Mezcla de ecotipos	Chanco	150	8,4	125,5
T3: Avena/Vicia ( <i>Avena sativa</i> L./ <i>Vicia atropurpurea</i> L.)	Nehuen/ Púrpura	INIA Quilamapu/ ANASAC	150 / 80	5,7 / 16,0	84,6/133,7

En las entrehileras y sobrehileras del viñedo se sembraron las 3 cubiertas vegetales más un tratamiento sin sembrar, en parcelas individuales de 7 m de ancho y de largo variable. Cada tratamiento constó de 4 repeticiones. En el tratamiento 0 (T0) no se sembró ninguna especie, solo fue mantenida la vegetación propia del lugar, formada por las especies referidas en el cuadro 4.

Todas las cubiertas vegetales fueron manejadas idénticamente. El corte se realizó el 17 de octubre de 2005, con echona a ras de suelo. Sólo se cortaron las plantas correspondientes a la(s) especie(s) de la unidad experimental, las que luego se picaron y se colocaron

como mulch sobre la hilera de viñas. Este mulch tenía 1 m de ancho. La figura 4, representa el esquema de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones

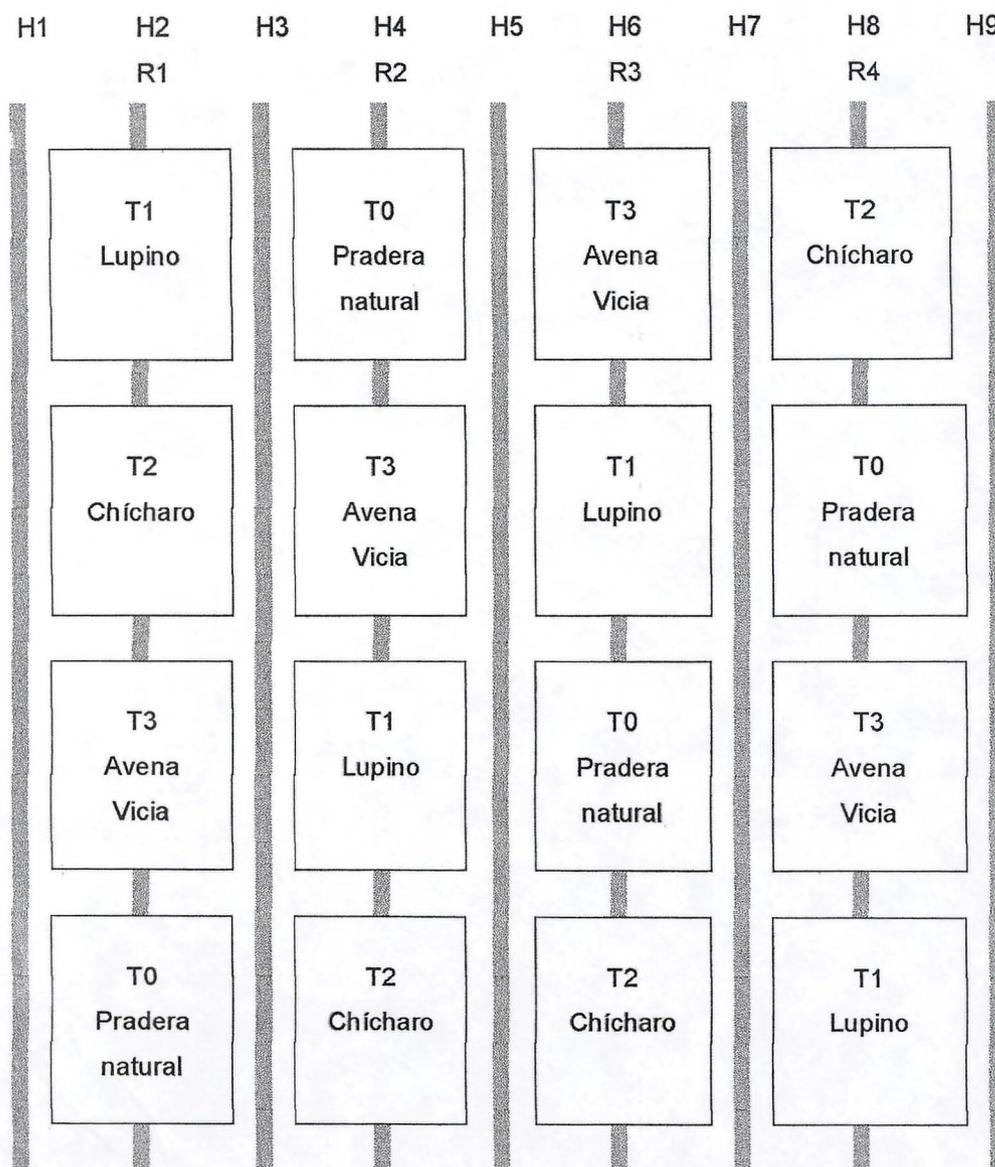


Figura 4. Esquema de la distribución física de los tratamientos.

H: hilera R: repetición

Se usó una planta y una hilera por unidad experimental como zona tampón para evitar el efecto borde.

Cuadro 4. Especies presentes en la pradera natural (T0)

<b>Nombre Vulgar</b>	<b>Nombre Científico</b>
Aira	<i>Aira caryophyllea</i> L.
Bromo	<i>Bromus mollis</i> L.
Calabasillo	<i>Silene gallica</i> L.
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i> Weber.
Hierba de la culebra	<i>Fumaria</i> sp.
Hualputra	<i>Medicago polymorpha</i> L.
Lechugilla	<i>Hypochoeris glabra</i> L.
Llantén	<i>Plantago lanceolata</i> L.
Manzanilla	<i>Anthemis arvensis</i> L.
Pasto pinito	<i>Spergula arvensis</i> L.
Trébol	<i>Trifolium filiforme</i> L.
Vulpia	<i>Vulpia</i> sp.

Fuente: Aravena, 2006

### **3.6 Variables evaluadas**

Para caracterizar el comportamiento de los CC se realizaron los siguientes análisis:

**Densidad de plantas.** Para esto se utilizó el método del cuadrante, que consiste en el conteo del número de plantas dentro de un cuadrante de 20 cm \* 20 cm. Se muestrearon 20 cuadrantes en cada unidad experimental y en base a esta información se determinó el número promedio de plantas por m<sup>2</sup>, para el posterior análisis de datos y comparación entre los tratamientos. La fecha de medición fue el 15 de julio de 2005, es decir, 45 días después de siembra de los CC.

**Longitud del tallo principal.** Se midió el largo del tallo principal de 20 plantas de cada especie y se calculó el promedio para el posterior análisis y comparación de los datos. Las fechas de medición fueron los días 15 de julio, 29 de julio, 16 de agosto, 01 de septiembre, 15 de septiembre, 03 de octubre y 17 de octubre.

Una vez realizado el corte se caracterizó el mulch, se realizaron los siguientes análisis:

**Materia Seca (MS).** Para conocer el aporte de biomasa del mulch (TMS.ha<sup>-1</sup>) se analizaron por separado los 4 tratamientos. El muestreo se realizó lanzando al azar un

marco metálico de 0,5 m<sup>2</sup>, 2 veces dentro de cada unidad experimental. Se cortó la parte aérea de las plantas con echona y ras de suelo. La fecha de muestreo fue el 17 de octubre del 2005, es decir, el día del corte. Las muestras se secaron en un horno de aire forzado marca Memmert a una temperatura de 70 °C durante 72 hrs.



**Figura 5.** Marco metálico de 0,5 m<sup>2</sup> utilizado para determinar materia seca.  
Fuente. Propia

**Cantidad de nitrógeno.** Para estimar la cantidad de nitrógeno presente en el mulch, se analizaron por separado los cuatro tratamientos. Primero se determinó porcentaje de nitrógeno elemental en base al peso seco de la parte aérea de cada mulch según el método de horno de combustión. Luego, según este porcentaje y la MS producida por cada cobertura se calculó cantidad de nitrógeno (kg.ha<sup>-1</sup>), utilizando la siguiente fórmula:

$$N \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} = \frac{\% N * MS \text{ (T.ha}^{-1}\text{)} * 1000}{100}$$

Para caracterizar las curvas de mineralización del nitrógeno y para comparar el real efecto de los cultivos de cobertura sobre el contenido de N-mineral en el suelo se realizaron los siguientes análisis:

**Concentración de  $\text{NH}_4^+$  (ppm) en suelo.** Se determinó según el método Skalar, procedimiento automatizado que se basa en la reacción modificada de Berthelot

**Concentración de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  (ppm) en el suelo.** Se determinó según el método Skalar, procedimiento automatizado que se basa en la reducción de cadmio.

Para ambos análisis se utilizó la misma muestra de suelo. La muestra se tomó de los primeros 10 cm de suelo y de cada unidad experimental se tomaron 4 submuestras que luego fueron homogeneizadas. Finalmente se entregó al laboratorio una muestra de 10 g de suelo estabilizada con 200 ml de KCl 1 N. Se muestreo en 5 oportunidades: 21 de noviembre de 2005, 21 de diciembre de 2005, 23 de enero de 2006, 20 de febrero de 2006 y 20 de marzo de 2006.

**Concentración de N-mineral total (ppm) en el suelo.** Entiéndase como la suma de  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ .

Para caracterizar el comportamiento del viñedo se analizaron los siguientes datos:

**Peso de poda ( $\text{kg.pl}^{-1}$ ).** Después de caída de hoja, se realizó la poda y se pesó el conjunto de sarmientos por planta en cada unidad experimental. Las podas se realizaron el 18 de agosto de 2005 y el 7 de agosto de 2006.

**Producción del viñedo.** La cosecha de cada uno de los tratamientos se realizó el día 29 de marzo de 2006 y se registró el rendimiento ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ), el peso promedio del racimo (g) que se calculó dividiendo el rendimiento por el número de racimo ( $\text{racimos planta}^{-1}$ ) y el peso promedio de las bayas (g), para lo cual se determinó el peso (g) de todas las bayas de una parcela y se dividió por el número de bayas de la misma parcela.

**Índice Ravaz.** Corresponde al cociente entre el peso de cosecha y el peso de poda (producción de uva/peso de poda).

### **3.7 Diseño experimental y análisis estadístico.**

El diseño del experimento es bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades experimentales.

Para analizar los resultados se utilizó análisis de varianza con un nivel de significancia de un 5 % ( $p < 0,05$ ) y cuando existieron diferencias significativas se aplicó el test de comparaciones múltiples de Fisher, con un nivel de significancia de un 5 % ( $p < 0,05$ ) y 1 % ( $p < 0,01$ ). El programa utilizado fue Statgraphics Plus.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Cultivos de cobertura

#### Densidad de plantas

En la Figura 6 se presentan los promedios de densidad en cada uno de los tratamientos sembrados más el testigo, analizados mediante análisis de Varianza. Al encontrar diferencias significativas se aplicó el test de Fisher al 1 %.

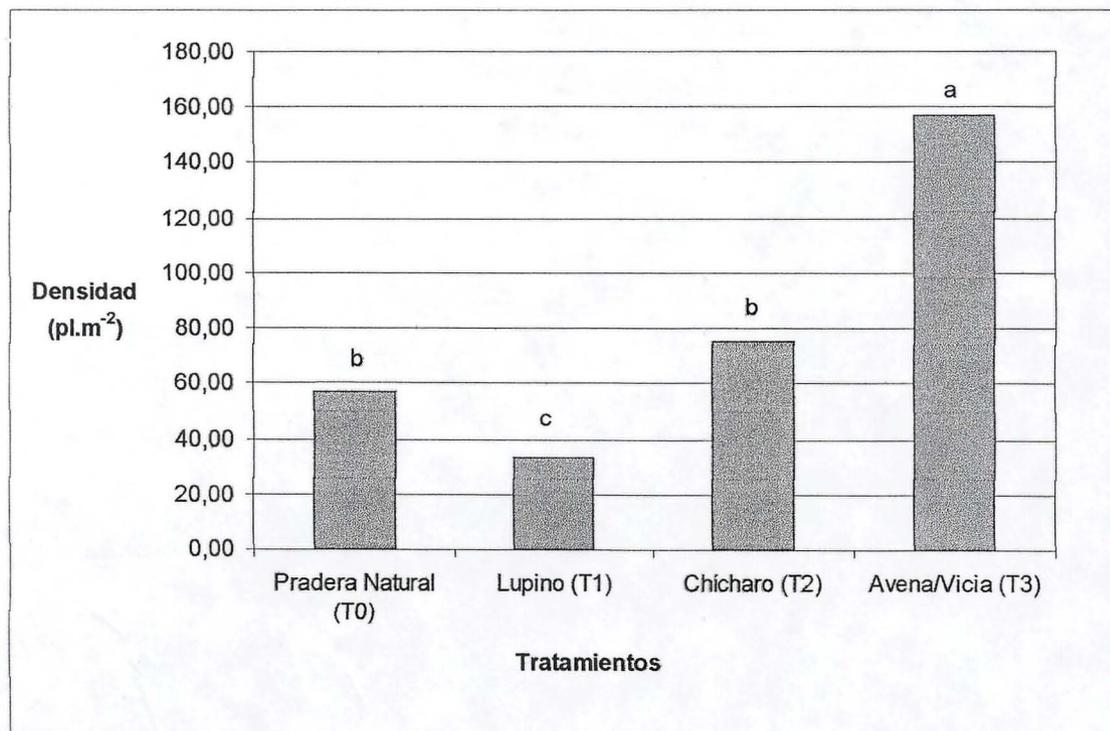


Figura 6. Densidad de cada uno de los tratamientos.

Los tratamientos sin una letra en común son significativamente diferentes por Fisher a un nivel de 0,01.

La especie que presentó la mas baja densidad fue el lupino, con un promedio de 33,44 pl.m<sup>-2</sup>, el cual muestra diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en relación a los demás tratamientos.

Aunque esta sea la densidad mas baja, es la esperada en praderas de lupino. Según Mera *et al* (2004), el lupino blanco requiere 26 pl.m<sup>-2</sup> a 30 pl.m<sup>-2</sup> y para obtener tal densidad

hay que sembrar a razón de 30 semillas.m<sup>-2</sup> a 34 semillas.m<sup>-2</sup>. Lo que es congruente con ocurrido en este experimento, se sembraron 37 semillas de lupino m<sup>2</sup> y se obtuvieron 33 pl.m<sup>-2</sup>, que es una densidad acorde con la especie *L. albus*.

El cultivo de avena/vicia, presento una densidad significativamente mayor que el resto de las coberturas, con un promedio de 157,19 pl.m<sup>-2</sup>. Esto se puede explicar porque existen 2 especies, cada una con una dosis que siembra, que sumadas dan una dosis de siembra de 230 kg.ha<sup>-1</sup>, mucho mayor si se compara con los 120 y 150 k.ha<sup>-1</sup> del lupino y chícharo respectivamente. Además, de tener una mayor dosis de siembra la semilla es mucho más liviana, por lo tanto el número de semillas de avena/vicia por m<sup>-2</sup>, al menos duplica él del chícharo y quintuplica él del lupino.

La pradera natural y el chícharo presentan densidades intermedias, superando el promedio del lupino, pero menor a la avena/vicia.

Tay *et al.* (2004), recomiendan para el chícharo una densidad de 40 pl.m<sup>-2</sup> a 48 pl.m<sup>-2</sup>, en este ensayo la densidad fue mayor 75,31 pl.m<sup>-2</sup>, que se ajusta a lo dicho por Labrador (2001) quien expone que las plantas sembradas como CC deben tener dosis de siembra entre un 20 % y un 50 % mayores que las recomendadas para cosechar grano.

En general, la tendencia presentada en los cultivos de coberturas como el chícharo, lupino y avena/vicia, es que a una mayor cantidad (kg.ha<sup>-1</sup>) en siembra, existe una mayor densidad de plantas.

### Longitud del tallo principal

En la Figura 7 se presenta el promedio de la longitud del tallo principal en cm de cada una de las especies sembradas, analizados mediante análisis de Varianza. Al encontrar diferencias significativas se aplicó el test de Fisher al 1 %.

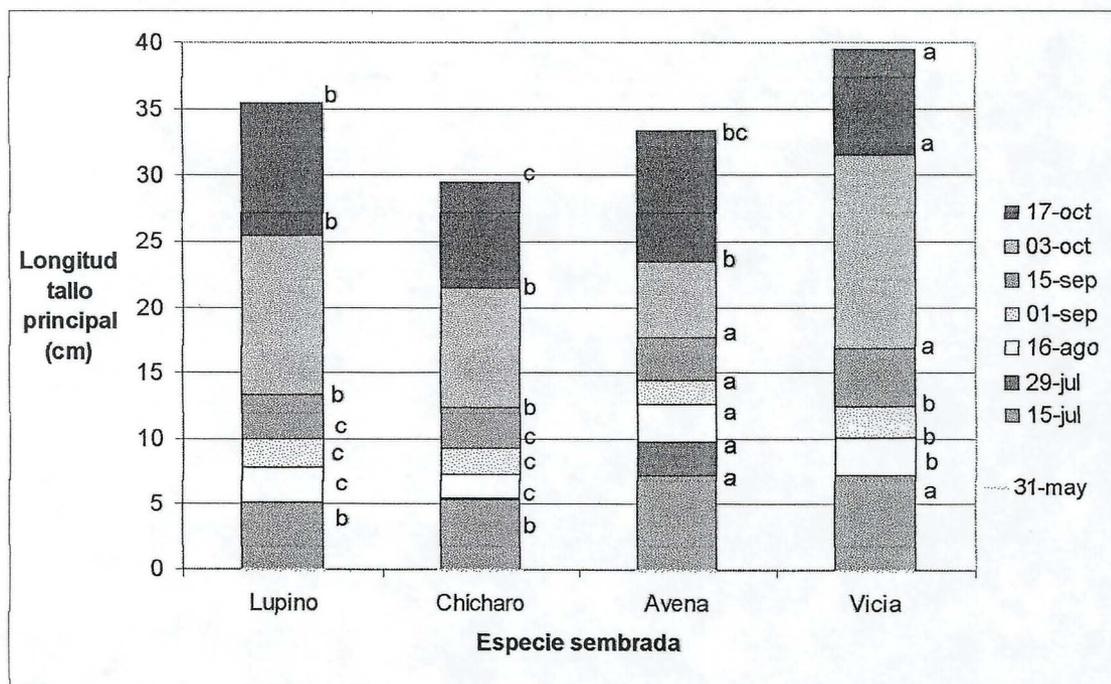


Figura 7. Longitud del tallo de las cuatro especies sembradas en el experimento. Las columnas sin una letra en común son significativamente diferentes por Fisher a un nivel de 0,05.

En la figura 6, se observa que existen diferencias significativas entre las especies sembradas en todas las fechas de medición.

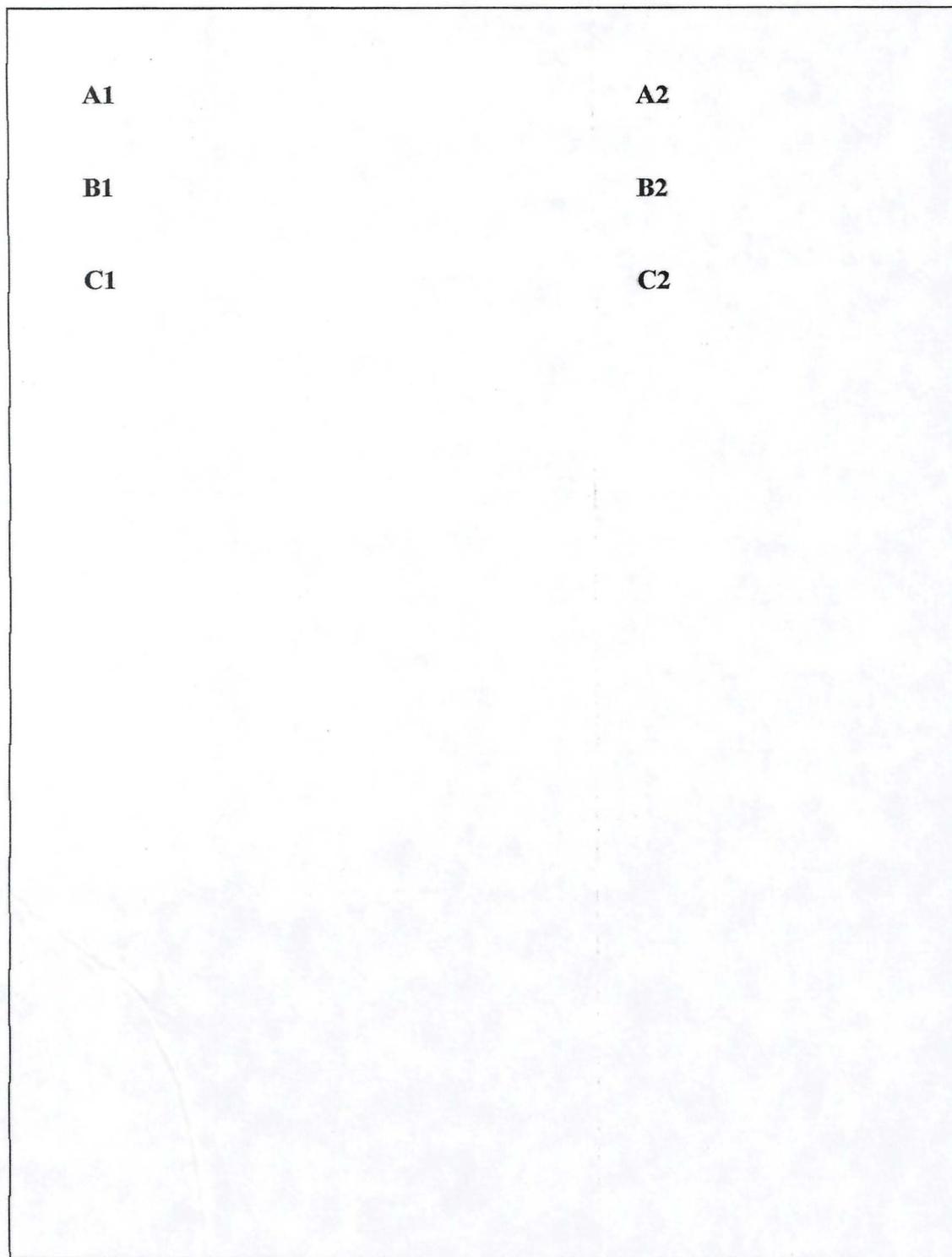
Se monitoreó el crecimiento, desde la siembra hasta el corte, es decir, durante 4 meses y medio. A los tres meses y medio de sembrados (15 de septiembre), todos los cultivos se acercan a la mitad del crecimiento final, el último mes duplican su altura.

El periodo que mas crecieron las leguminosas (lupino, chícharo y vicia) fue entre el 15 de septiembre y el 3 de octubre. En cambio la avena creció más en el último periodo (entre el 3 y el 17 de octubre). Dicho de otra forma, entre el 15 de septiembre y el 3 de octubre las tres Fabaceae presentaron la mayor tasa de crecimiento. Para la poaceae, esto ocurrió entre el 3 y el 17 de octubre.

La vicia presentó la mayor longitud del tallo principal el día del corte, con un promedio de 39,4 cm. En la primera fecha de medición la vicia y la avena presentaron la mayor altura. En los siguientes 15 días se detuvo el crecimiento de la vicia, lo que provocó diferencias con la avena. Desde el 16 de agosto en adelante el crecimiento de la vicia siempre fue mayor que el de la avena. El 15 de septiembre la vicia volvió a presentar la mayor altura, junto con la avena. En los siguientes 15 días la vicia tuvo una tasa de crecimiento de  $0,82 \text{ cm día}^{-1}$ , esta fue la mayor tasa presentada entre los cultivos y durante todo el periodo de crecimiento. Gracias a esto la vicia estableció diferencias significativas con todos los CC en las dos últimas fechas de medición y además presentó la mayor altura el 17 de octubre (día del corte).

La avena presenta el mayor crecimiento en todas las fechas hasta el 15 de septiembre. Comportamiento que se revirtió al final, donde no presentó diferencias significativas con el chícharo, CC con el menor crecimiento 29,5 cm. Según Tay *et al.* (2004) el chícharo, planta de crecimiento indeterminado, presenta una altura promedio variable, entre 30 a 50 cm. De acuerdo a esto el chícharo, presenta alturas acordes a su especie.

Entre el lupino y el chícharo, hasta la penúltima fecha de medición (3 de octubre), no existen diferencias significativas. En los últimos 15 días el lupino creció mas que el chícharo, lo que, provocó una diferencia significativa de altura al final del periodo de crecimiento.



**Figura 8. Cultivos de cobertura utilizados en el experimento. A1 lupino (17 de octubre de 2005), A2 lupino (16 de noviembre de 2005), B1 (17 de octubre de 2005), B2 chícharo (16 de noviembre de 2005), C1 avena/vicia (17 de octubre de 2005) y C2 vicia (16 de noviembre de 2005).**

Fuente: propia.

## Materia Seca

En la Figura 8, se presentan los promedios de materia seca acumulada en cada uno de los tratamientos hasta el corte, analizados mediante análisis de Varianza. Al encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba de rango múltiple de Fisher al 5 %.

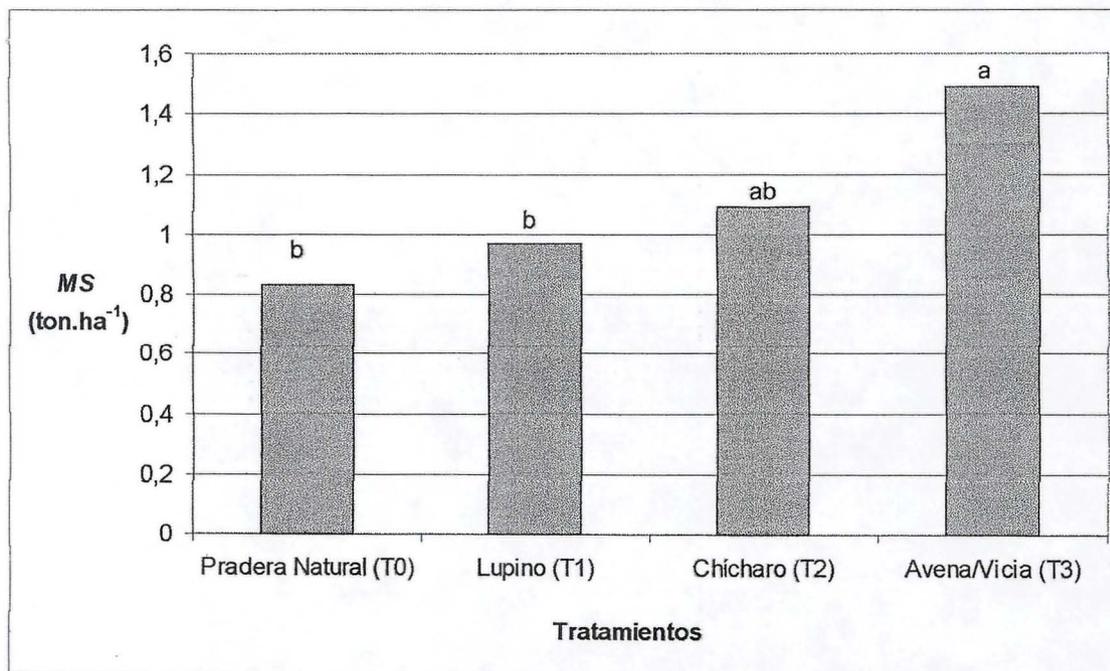


Figura 9. Materia seca de cada uno de los tratamientos.

Las columnas sin una letra en común son significativamente diferentes por Fisher a un nivel de 0,05.

El tratamiento que presentó la mayor producción de MS fue la avena/vicia (1,49 T MS.ha<sup>-1</sup>), que se diferenció significativamente de la MS producida por T0 y T1, pero no de la producida por el chícharo. Demanet (2004) señala que el promedio producción invernal del la avena es de 1,4 TMS.ha<sup>-1</sup>. Según Sane (1998), el rendimiento de la vicia presenta una producción estacional de 1,46 T MS.ha<sup>-1</sup>. La producción en asociación, fue muy similar a la producción de cada una por separado. Este bajo rendimiento se puede explicar, por el atraso en la fecha de siembra, según INIA (2002) la fecha de siembra ideal es en el mes de abril, por lo menos un mes antes de la fecha de siembra de este experimento.

Según Tay *et al* (2004) los rendimientos del chícharo se encuentran entre los 0,7 TMS.ha<sup>-1</sup> a 1 TMS.ha<sup>-1</sup>. La producción presentada en la parcela de experimentación fue de 1,09 TMS.ha<sup>-1</sup>. Este rendimiento corresponde a lo descrito por el autor, las condiciones edafoclimáticas permitieron que esta especie expresara su potencial en el periodo de evaluación.

INIA (1996), señala que las praderas naturales presentan una mala distribución, productividad y calidad, siendo en este ensayo el tratamiento que menos rendimiento obtuvo, con un promedio de producción de 0,83 TMS.ha<sup>-1</sup>.

Llama la atención que la MS producida por la pradera natural es estadísticamente igual a la del lupino. Según Sane (1998) los rendimientos promedios del lupino son alrededor de 1,6 TMS.ha<sup>-1</sup>, en condiciones óptimas. En la parcela experimental el lupino tuvo un rendimiento promedio de 0,97 TMS.ha<sup>-1</sup>, un 40 % menor a lo señalado por el autor. Esto se puede explicar porque el rendimiento en condiciones óptimas considera que el lupino se cosecha en el momento de máxima acumulación de MS. En este experimento el lupino se cortó a inicios de floración, por lo tanto no completó su desarrollo y no alcanzó su potencial rendimiento. Según Labrador (2001) la fecha de corte de los cultivos de cobertura se debe realizar a inicios de floración, instante en el que las leguminosas presentan el mayor contenido de N. Pino (2007) plantea que las leguminosas deben ser cortadas con floración más avanzada, cuando los nódulos de la raíz presenten la máxima coloración rojiza, lo que indica la máxima actividad de los *Rizobium*. En este ensayo, por motivos prácticos de manejo, todas especies se cortaron el mismo día, cuando los cultivos se encontraban en distintos estados de floración.

Según Santibáñez y Uribe (1990) en un año normal en Cauquenes, entre los meses de junio y octubre, se presenta una precipitación media acumulada de 466,2 mm. Para el mismo periodo del año 2005 las precipitaciones fueron de 615,2 mm. Esto indica que, en el año que se realizó el experimento, las precipitaciones fueron mayores a lo esperado.

## Cantidad de Nitrógeno

En el cuadro 5 se detalla el % de nitrógeno en la parte aérea de cada cubierta vegetal utilizada en el experimento.

**Cuadro 5.** Contenido de nitrógeno en cada tratamiento, en base a peso seco.

Tratamiento	N (%)
Pradera Natural (T0)	1,80*
Lupino (T1)	3,70
Chícharo (T2)	3,23
Avena/Vicia (T3)	1,70

\* Este dato corresponde al registrado por Sánchez (2004).

Según estos resultados, las cubiertas vegetales se presentan % de nitrógeno acordes a cada especie.

La avena/vicia presenta el valor más bajo (1,70 % de N), similar a T0. La avena tiene un 1,2 % de N y la vicia hasta un 4%. Este resultado se puede explicar por la mayor abundancia de avena (con bajo porcentaje de N) en relación a la vicia.

La cantidad de nitrógeno, expresado en  $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$ , que presenta la materia seca de cada cobertura vegetal en el momento del corte, se grafica en la figura 9. Al evaluar estos datos se encontraron diferencias significativas por lo que se aplicó la prueba de rango múltiple de Fisher al 1%.

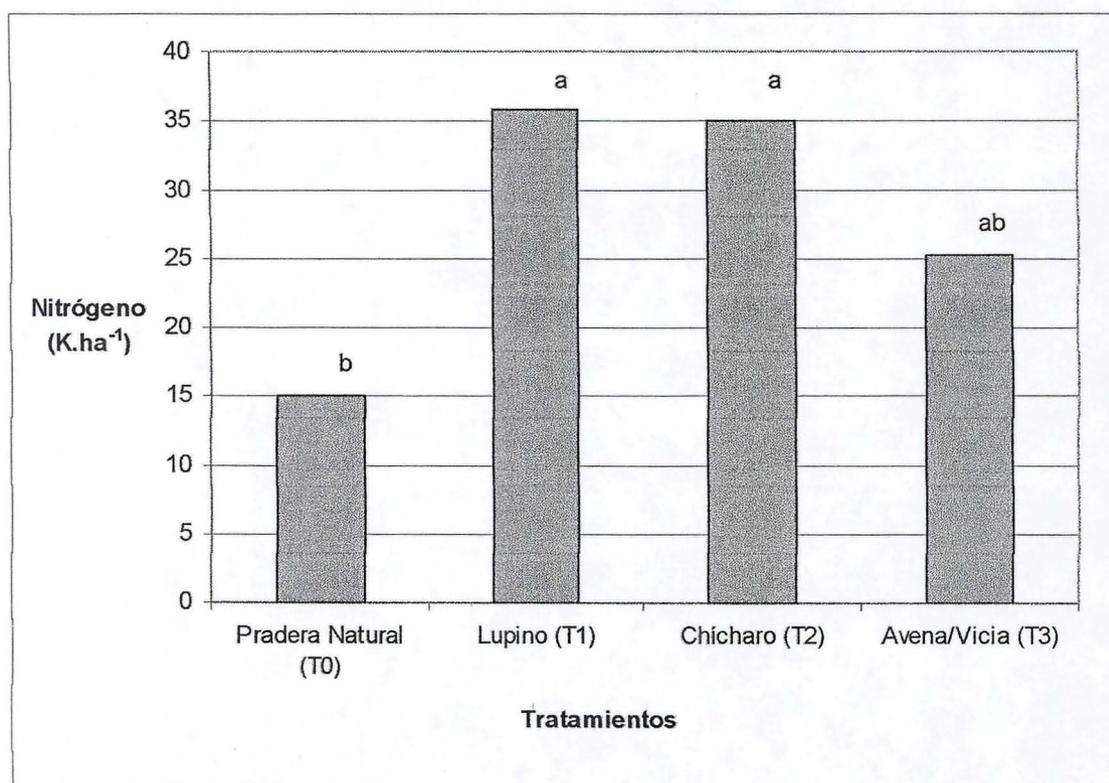


Figura 9. Cantidad de nitrógeno presente en la MS de cada uno de los tratamientos. Las columnas sin una letra en común son significativamente diferentes por Fisher a un nivel de 0,05.

El mayor contenido ( $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) de N se presentó en los cultivos de cobertura formados solo por leguminosas, lupino ( $35,9 \text{ K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y chícharo ( $35,1 \text{ K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), mientras que la menor cantidad se encontró en la pradera natural ( $15 \text{ K} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

La pradera natural tuvo diferencias significativas en la cantidad de N ( $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), con los tratamientos sembrados sólo con leguminosas.

Además de esta diferencia sustancial entre la pradera natural y las leguminosas, hay que recordar que la mayoría del N presente en el lupino y en el chícharo deriva de la FBN, lo que sería una entrada de N al agroecosistema de la viña. Según Urquiaga y Zapata

(2000) la FBN puede ser responsable de hasta un 90 % del total del N acumulado por las plantas leguminosas, especialmente en suelos pobres en nitrógeno.

En cambio el N presente en la pradera natural proviene principalmente del suelo, por lo tanto, no es una entrada de N al agrosistema, es un reciclaje de nutrientes.

Entre la avena/vicia y la pradera natural no hay diferencias significativas en el contenido de N en la MS. Ambos tratamientos corresponden a una asociación de especies. La avena/vicia, como ya se dijo, es una asociación entre una Fabaceae y una Poaceae. La pradera natural también es una asociación de cultivos, en donde existen 3 especies de la familia Fabaceae y 3 de Poaceae. Esta composición explicaría que posean un comportamiento estadísticamente similar. Si bien el rendimiento ( $T \text{ MS} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) de la avena vicia fue mayor que el de la pradera natural, el % de N fue similar, ,

Según Labrador (2001) se espera que un CC formado por leguminosas aporte de 40 a 80 k de  $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Ninguna de las coberturas utilizadas cumple con estas expectativas, lo cultivos que más N tienen en la MS, fueron el lupino y el chícharo, con 35, 9 k de  $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  y 35, 1 k de  $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  respectivamente.

Se destaca el contenido de N en la MS del chícharo que estadísticamente es igual al de lupino. Sin embargo este es un recurso local, de bajo costo y que además estaría contribuyendo a lograr el principio de mantener un ciclo cerrado de los nutrientes. Idealmente los nutrientes se deben mover lo mas cerca del agrosistema. El chícharo estaría contribuyendo en este punto, ya que la semilla corresponde a una mezcla de ecotipos seleccionada por un agricultor de la localidad de Chanco<sup>4</sup>.

El lupino presentó estadísticamente la misma cantidad de N que el chícharo. Sin embargo, la cantidad de N en este CC, aumentando la dosis de siembra pudo haber sido mucho mayor.

---

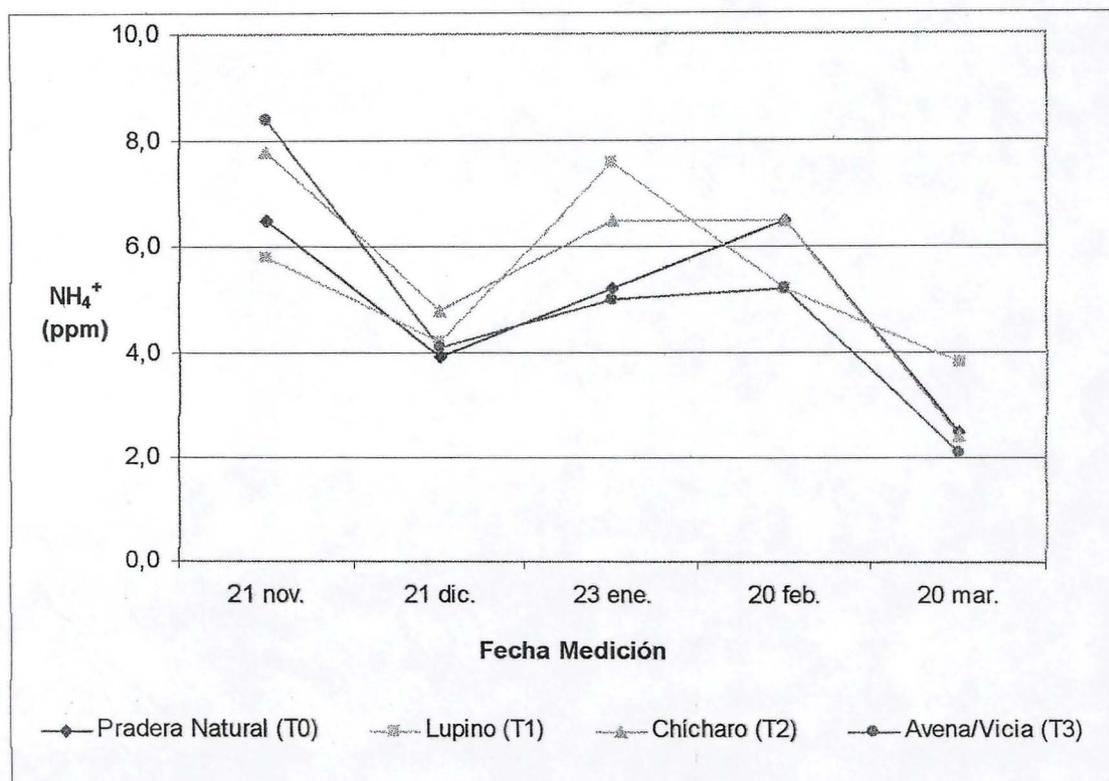
<sup>4</sup> Aravena, T. 2007. Comunicación personal. Ayudante de investigación en Instituto Investigación Agropecuaria, Riahuen, Cauquenes, Chile.

Mera *et al.* (2004) recomiendan siembras de 110-130 kg.ha<sup>-1</sup> para el establecimiento de lupino. Esta fue la dosis de siembra que se utilizó en este experimento, sin embargo esta dosis de siembra es para cosechar grano. Es decir, la planta completa su desarrollo y por lo tanto ocupa más espacio. Cuando el lupino es sembrado como CC se corta antes de que complete su desarrollo, por lo tanto, cuando el objetivo sea establecer cobertura vegetal al suelo las dosis de siembra se deberían aumentar, así también se aumentaría el aporte de N; y ya que el lupino es uno de los que más N tiene, este cambio sería sustancial. Esto concuerda con lo dicho por Labrador (2001) quien establece que se deben utilizar dosis de siembra 20 % a 50 % mayor cuando se quieren cultivar plantas como CC y no para su aprovechamiento para grano.

## 4.2 N-mineral en el suelo

### Concentración de $\text{NH}_4^+$ (ppm) en suelo

Al evaluar los resultados del análisis de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo mediante análisis de Varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo. Los resultados de dicha prueba, junto con la Evolución de la concentración  $\text{NH}_4^+$  en el suelo por cada tratamiento, se presentan en la Figura 10.



**Figura 10.** Evolución de la concentración  $\text{NH}_4^+$  en el suelo después de corte de los CC  
Las líneas sin letras no tienen diferencias significativas (N.S) en sus promedios por Análisis de varianza a un nivel de 0,05.

En general, el comportamiento de los cuatro cultivos de cobertura es similar. En la primera fecha todos presentan una concentración mayor que en la segunda fecha (21 de diciembre). Desde esta fecha hasta el 23 de enero hubo un aumento en todos los tratamientos. En el siguiente mes, no se observa una tendencia clara. La pradera

aumenta, el lupino baja y la avena/vicia y el chícharo mantienen la concentración de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo. En el último mes en todos los tratamientos disminuye la concentración de amonio.

El caso de la avena/vicia (T3) en noviembre tiene la concentración más alta de  $\text{NH}_4^+$ , en diciembre cae notoriamente, para terminar el 20 de marzo (última medición) el valor más bajo.

El lupino (T1) presenta un comportamiento opuesto al de (T3). Al comienzo presentó un contenido menor en relación a los otros tratamientos, teniendo un máximo en enero con 7,6 ppm de  $\text{NH}_4^+$ . A pesar de la disminución consecutiva que exhibe en los dos últimos periodos, el lupino es el tratamiento que presenta el mayor contenido de  $\text{NH}_4^+$  en la última fecha de medición.

En la primera fecha de medición se observa que el T2 y T3 están sobre los otros dos tratamientos. Esto se puede deber al tipo de tejido que predomine en cada CC. Los tallos del chícharo y la vicia son más blandos en comparación con los del lupino. Según Urquiaga y Zapata (2000) las estructuras más herbáceas tendrían una dinámica más rápida, por lo tanto, plantas como el chícharo y la vicia, constituidos principalmente por tejidos más blandos que los del lupino, presentan una dinámica mucho más rápida.

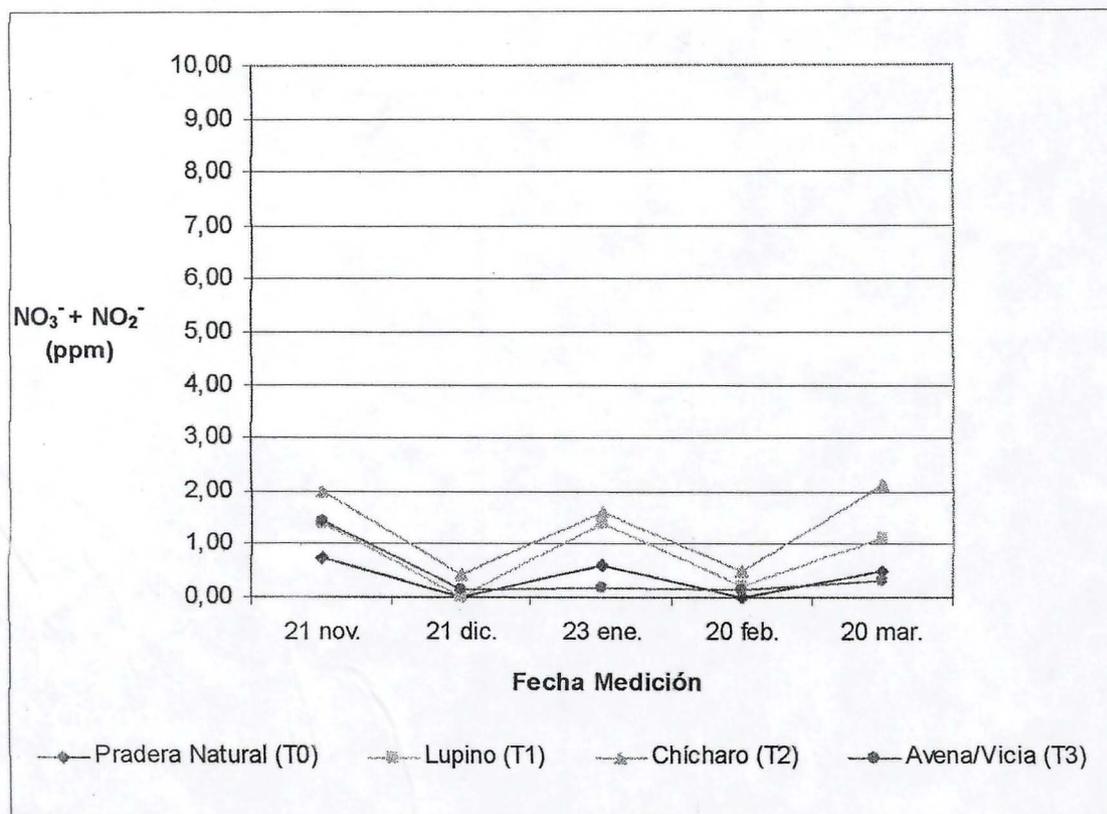
En la tercera fecha de medición el valor más alto lo manifiesta el lupino. Posiblemente en este momento en los microorganismos están liberando el N contenido en las estructuras más duras de la planta.

Según lo planteado en la hipótesis y según Coyne (2000) el nitrógeno total mineralizable depende del contenido de original de nitrógeno orgánico. Es decir, a mayor contenido de N presente en la MS de las coberturas, mayor debería ser el contenido de N mineralizado. Los resultados obtenidos en este experimento no ejemplifican dicho supuesto. Puede ser que efectivamente haya ocurrido mayor mineralización en los tratamientos con lupino y chícharo, pero puede ser que a la vez la inmovilización

también halla sido alta. Lo cual explicaría que existan diferencia entre los contenidos de N en la MS y no exista las mismas diferencias en el  $\text{NH}_4^+$  del suelo.

### Concentración de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ (ppm) en el suelo

Al evaluar los resultados del análisis de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  (ppm) en el suelo al momento del corte mediante análisis de Varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo. Los resultados de dicha prueba, junto con la Evolución de la concentración  $\text{NO}_3^-$  en el suelo por cada tratamiento, se presentan en la Figura 11.



**Figura 11.** Evolución de la concentración  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  en el suelo para cada tratamiento.

Las líneas sin letras no tienen diferencias significativas (N.S) en sus promedios por Análisis de varianza a un nivel de 0,05.

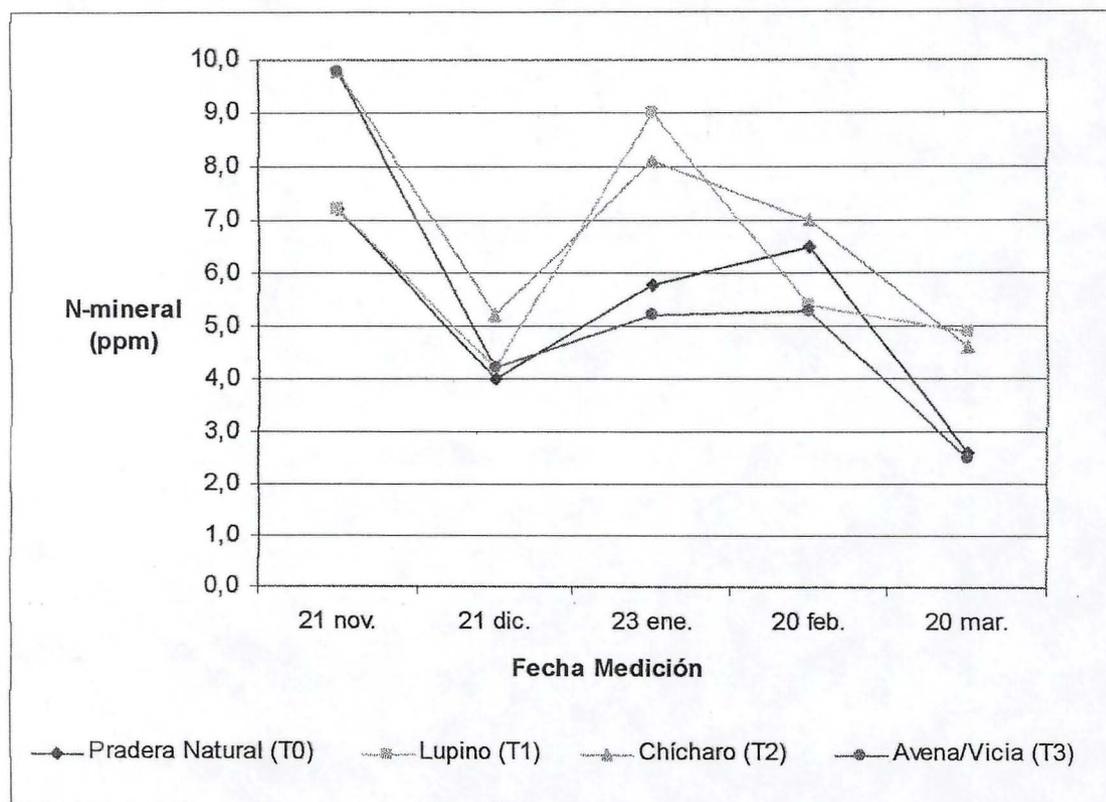
Durante todo el periodo de medición se observan sucesivos aumentos y disminuciones en el contenido de  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  en el suelo. En ninguna de las fechas evaluadas existen diferencias significativas.

Se observa un comportamiento casi paralelo entre T0, T1 y T3. El chícharo (T2), durante todo el periodo presento el valor mas elevado entre los tratamientos. El lupino (T1) presenta una curva un poco mas baja que la de T2, pero mayor que la de T0 (pradera natural). La avena/vicia se comporta de manera diferente a los demás tratamientos, comienza con un valor medio y luego presenta los valores más bajos.

En general, en el suelo siempre es mayor el contenido de  $\text{NO}_3^-$  que el de  $\text{NH}_4^+$  (Coyne, 2000 y Valpuesta y Cárdenas, 1992), sin embargo en este experimento se registró menor concentración de nitrato que de amonio. Durante el periodo en que se analizó el suelo, la nitrificación estaba siendo inhibida. Según Wild (1992) los suelos pobremente aireados no pueden nitrificar el amonio. Visualmente, se aprecia que el suelo de este viñedo esta compactado, en consecuencia presentaría baja concentración de  $\text{O}_2$ . Por otro lado, Coyne (2000) señala que la mineralización aumenta a medida que aumenta la temperatura, con una temperatura optima entre  $40\text{ }^\circ\text{C}$  y  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . En cambio la nitrificación es muy baja por debajo de  $5\text{ }^\circ\text{C}$  y sobre  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Esto podría explicar la mayor concentración de amonio en el suelo en comparación con la concentración de nitrito y nitrato. Temperatura suelo podría estar favoreciendo la mineralización e inhibiendo la nitrificación.

### Concentración de N-mineral total (ppm) en el suelo

Al evaluar los resultados del análisis N-mineral total ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) de suelo mediante análisis de Varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo. Los resultados de dicha prueba, junto con la evolución de la concentración N-mineral en el suelo por cada tratamiento, se presentan en la Figura 12.



**Figura 12.** Evolución de la concentración de N- mineral en el suelo por cada tratamiento

Las líneas sin letras no tienen diferencias significativas (N.S) en sus promedios por Análisis de varianza a un nivel de 0,05.

Un contenido bajo de N disponible en cualquier suelo comprende valores entre 0 ppm y 25 ppm (Universidad de Chile, 1998). La máxima concentración de N registrada en este suelo durante el periodo de medición fue cercana a 10 ppm, valor que indica una baja disponibilidad de este elemento.

Al comparar el contenido de N en el mulch con la primera fecha de medición de concentración de N-mineral en el suelo, no se observa una relación entre ambas mediciones. Se esperarían que si existen diferencias significativas entre las cantidades de N en el mulch existirán las mismas o similares diferencias en el contenido de N-mineral en el suelo, al menos en los primeros meses. Por el contrario, en este experimento se observó que existen diferencias entre las cantidades de N en el mulch, pero no entre las concentraciones de N-mineral en el suelo.

Según el análisis de los resultados se rechaza la hipótesis que planteaba que los cultivos de cobertura que presentan más nitrógeno tendrán un efecto mayor sobre la disponibilidad de N en el suelo.

Entre las dos primeras fechas se observa que el contenido de N disminuye en todos los tratamientos y en el siguiente periodo aumenta. La disminución puede deberse a la absorción de N por la vid. Otra posible explicación podría ser una sucesión de mineralización e inmovilización, esto explicaría también el aumento de N-mineral en el siguiente periodo. Probablemente, en el periodo anterior al 20 de noviembre hubo un aumento de N mineral. Al cortar los CC se aportó alimento para los microorganismos del suelo, quienes al aumentar de población, aumentaron la tasa de mineralización del N del suelo. Se puede incrementar el número de individuos aumentando el nivel de sustrato energético (Labrador, 2001). El sustrato no es infinito, cuando empieza a disminuir la materia orgánica, todo el N mineralizado es utilizado por los microorganismos y como consecuencia disminuye el N mineral en el suelo (21 de diciembre). A causa, de este agotamiento del sustrato, los microorganismos mueren y pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo que se mineralizará y volverá a aumentar la concentración de N en el suelo (23 de enero).

En el siguiente periodo, al parecer se estabilizan los procesos. Se observa que las curvas de T1 y T2 (tratamientos solo con leguminosas) vuelven a descender, en cambio los que presentan gramíneas aumentan.

En la última fecha de medición en todos los tratamientos disminuyó el contenido de nitrato+nitrato con respecto a la anterior fecha de medición. Los dos tratamientos solo de leguminosas, T1 y T2, en la última fecha presentan valores prácticamente idénticos y superior a los exhibidos por los cultivos de cobertura formados por asociaciones, T0 y T3, posiblemente este comportamiento se mantendrá en el tiempo.

No se encontró una relación entre el contenido de N en los CC el día del corte y el contenido de N-mineral en el suelo un mes después del corte. Lamentablemente en este ensayo no se midió el contenido de N en el suelo en el momento en que se cortaron las coberturas y se dejaron como mulch.

Si en este instante no existieron diferencias en el contenido de N-mineral en el suelo entre los tratamientos el día del corte, se podría suponer, que el contenido de N-mineral en el suelo depende del contenido regular de N de éste suelo y que el N que contiene mulch es un leve modelador.

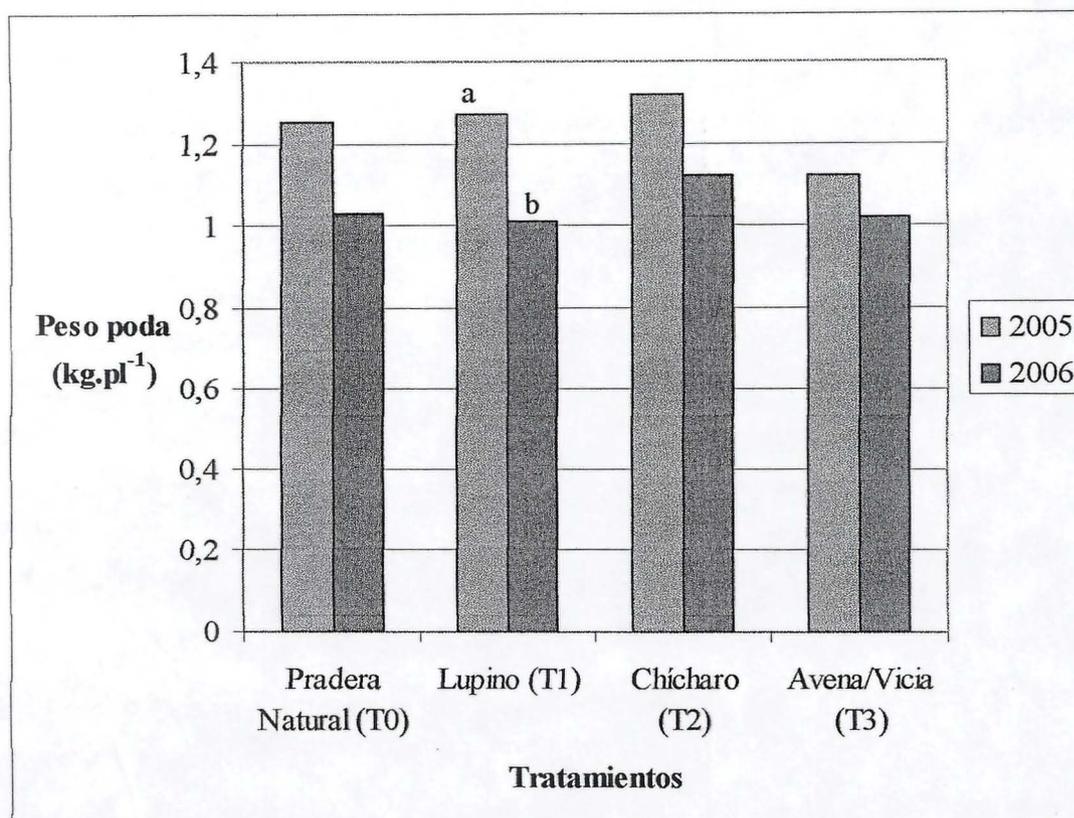
Si el día del corte, el contenido de N en el suelo presentaban diferencias entre los 4 tratamientos, se podría presumir que los CC tienen un efecto estabilizador del suelo.

Según el análisis de los resultados se plantea que las coberturas tienen efecto sobre la actividad del suelo, siendo el mismo con los cuatro CC utilizados en este experimento.

### 4.3 Análisis del Viñedo

#### Peso de poda

El análisis de varianza para esta variable mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ni en la temporada 2005 ni en la temporada 2006. La única diferencia significativa que se encontró fue en el peso de poda de T1 (lupino) entre la temporada 2005 y 2006. La figura 13 grafica estos resultados.



**Figura 13.** Comparación de los pesos de poda de dos temporadas y entre los tratamientos. Los promedios dentro de una columna sin una letra en común son significativamente diferentes por Fisher a un nivel de 0,05. Las columnas sin letras no tienen diferencias significativas (N.S) en sus promedios por Análisis de varianza a un nivel de 0,05.

En la figura se puede observar que en el año 2005 no hay diferencias de peso de poda entre los distintos tratamientos. Dentro del año 2006 tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos.

La única diferencia significativa que se encontró fue entre la poda del 2005 y el 2006 para T1, lo que no se puede asociar directamente al lupino, ya que esta cobertura es la que más N contiene en la MS.

Esta diferencia puede ser un indicador de un comportamiento del viñedo. Aunque esta fue la única diferencia que se encontró desde un año a otro, se observa como tendencia una disminución del peso de poda entre el año 2005 y el 2006. En el caso de las vides la gran demanda de N que se produce en primavera es satisfecha en gran medida con las reservas acumuladas en los diferentes órganos de la planta en la temporada anterior (Bañados, 2001). Para este caso en particular las reservas acumuladas en el año 2005, que probablemente provienen de los CC, son usadas para satisfacer las demandas de N en la brotación del 2006.

Lo que no necesariamente indique que los CC ejerzan un efecto negativo sobre el viñedo, sino, mas bien, que los CC, por si solos, no satisfacen las necesidades nutricionales del viñedo, se deben complementar con otros abonos orgánicos mas estables, como compost o humus. Una de las bases de la agricultura orgánica es la diversidad, la cual no sólo debe ser de plantas y artrópodos, sino que también de abonos.

## Producción

En el cuadro 6, se presenta el resumen de los datos evaluados en la cosecha del año 2006 para los distintos tratamientos. Se puede apreciar que en ningún parámetro evaluado se encontraron diferencias significativas según el análisis de varianza.

**Cuadro 6.** Rendimiento, peso racimo y peso bayas de cada tratamiento evaluados en la cosecha.

Tratamiento	Rendimiento (g.pl <sup>-1</sup> )	Peso racimo (g)	Peso bayas (g)
Pradera Natural (T0)	2988,8	82,5	0,96
Lupino (T1)	3249,2	92,0	0,90
Chícharo (T2)	3228,8	79,3	0,99
Avena/Vicia (T3)	2918,1	78,3	0,91

Las columnas sin letras no tienen diferencias significativas (N.S) en sus promedios por Análisis de varianza a un nivel de 0,05.

Se puede apreciar que en ninguno de los parámetros evaluados se encontraron diferencias significativas según el análisis de varianza.

El rendimiento esta acorde a los rendimientos presentados por otras viñas en Cauquenes. Labra y Díaz (2007) al evaluar el rendimiento de un viñedo con manejo orgánico en Cauquenes, desde el 2003 hasta el 2007 registraron valores entre 2,34 kg.pl<sup>-1</sup> y 3,82 kg.pl<sup>-1</sup>, los valores registrados en este experimento se encuentran dentro de este rango. (2,91 kg.pl<sup>-1</sup> a 3,24 kg.pl<sup>-1</sup>). El viñedo del experimento, obtuvo un rendimiento cercano a las 5 T.ha<sup>-1</sup>. Labra y Díaz (2007) señalan para peso de racimo valores entre 51,09 g y 76,36 g, inferiores al promedio presentado en este experimento (83,03 g).

En cuanto al peso de baya, todos los tratamientos presentan valores levemente menores a 1 g., lo que indica que presenta bayas con un peso acorde a la var. Cabernet Sauvignon.

Según el análisis de los resultados, no existe efecto de los cultivos de cobertura sobre la producción del viñedo, o al menos no se pudo detectar en este experimento.

## Índice de Ravaz

En el cuadro 7, se detalla el índice de Ravaz, calculado entre cosecha 2006/poda 2006, del viñedo para cada cultivo de cubierta utilizado en el experimento.

**Cuadro 7.** Índice de Ravaz (rendimiento ( $\text{kg.pl}^{-1}$ ) / poda ( $\text{kg.pl}^{-1}$ )) entre cosecha 2006/poda 2006.

Tratamiento	cosecha 2006 / poda 2006
Pradera Natural (T0)	2,90
Lupino (T1)	3,22
Chícharo (T2)	2,88
Avena/Vicia (T3)	2,86

El tratamiento que presenta el mayor índice de Ravaz es el lupino, que rindió 3,22 kg de fruta por kg de poda. En los otros tratamientos el índice es menor a tres.

Para este índice se considera como aceptable valores comprendidos entre 3 y 10, como óptimos de 5 a 7 (Echenique *et al.*, 2007). Según Ortiz (2005), valores menores a 3 representan un viñedo vigoroso y de 3 a 5 semivigorosos. En general, este viñedo presenta valores cercanos a 3, esta en un desequilibrio vegetativo/reproductivo, tiene una alta producción de follaje en desmedro de la producción de uva.

Cabe destacar que el índice calculado no dice relación con la nutrición realizada con los cultivos de cobertura el año 2005. Se debe calcular el índice de Ravaz entre la cosecha y la poda 2007, para inferir algún efecto de los CC evaluados en este experimento.

En relación a la hipótesis que plantea que los cultivos de cobertura no tendrán efecto sobre el viñedo, al menos no en la primera temporada, se puede decir que en la única variable que se encontraron diferencia fue en el peso de podos entre el año 2005 y 2006 y solo para T1, lo que puede ser un indicador de que el manejo de la fertilidad del suelo solo con el uso de CC ejercen un efecto negativo sobre el viñedo en el largo plazo.

## 5. CONCLUSION

En general los cuatro cultivos de cobertura se comportan de acuerdo a lo descrito para cada especie. La avena/vicia (T3) presentó los mejores valores en cuanto a densidad de plantas, longitud del tallo principal y producción de materia seca. El testigo (T0, pradera natural) no se destacó en ninguna variable, es el tratamiento que menos N presenta por hectárea. Por su parte, el chícharo (T2) presentó valores medios de densidad y rendimiento (MS). En general, los valores registrados para el lupino (T1) fueron los más bajos, excepto en el contenido de N (3,7 %), que fue el más alto.

En cuanto al posible N aportado por cada CC se puede concluir que difiere significativamente entre los tratamientos, las leguminosas solas (lupino y chícharo) presentan más nitrógeno que las asociadas (avena/vicia y pradera natural).

Al comparar el contenido de N-mineral en el suelo después del corte de los CC no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto ocurrió en todas las fechas, lo que refleja que la(s) especie(s) que componen el mulch no tienen efecto sobre la concentración de N en el suelo, al menos no durante el periodo que duró este experimento.

No se observó diferencias significativas de condición de vigor ni de productividad, el comportamiento del viñedo fue homogéneo en toda la superficie utilizada en el experimento. A razón de esto, se concluye que no hay efecto del CC sobre el comportamiento del viñedo, al menos durante el periodo en que se realizó este experimento.

## 7. LITERATURA CITADA

Aballay, Erwin e Insunza, V. 2002. Evaluación de plantas con propiedades nematocidas en el control de *Xiphinema index* en vid de mesa cv. Thompson seedless en la zona central de Chile. *Agricultura Técnica* 62(3):357-365

Altieri, M. 1999. *Agroecología: Bases Científicas de la Agricultura Sustentable*. Montevideo, Uruguay. Editorial Nordan-Comunidad. 338 p.

Altieri, M. 1983. *Agroecología: Bases Científicas de la Agricultura Alternativa*. Ediciones CETAL. Berkeley, California. 184 p.

Bañados, M. 2001. Almacenaje de nitrógeno en plantas frutales y vides durante el invierno. *Agronomía y Forestal UC* 12: 24-28.

Barceló, J.; Gregorino, N.; Sabater, B. y Sánchez, R. 2001. *Fisiología Vegetal*. 1ª Edición. Madrid, España. Editorial Pirámide. 566 p.

Bedmar, E. 1992. **En:** González, J. y Lluch, C. *Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno*. Madrid, España. Editorial Ruedas. 278 p.

Campillo, R.; Urquiaga, S.; Pino, I y Montenegro, A. 2003. Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras mediante la metodología del 15N. *Agricultura técnica* 63(2): 169-179.

Cervantes, F; Pérez, J y Gómez, J. (2000). Avances en la eliminación Biológica del Nitrógeno de las Aguas Residuales. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 42:73-82., [en línea]. Dirección URL: <<http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi002e.pdf>> [Consulta: 18 de octubre de 2007].

Chorbadjian, R y Kogan, M. 2001. Cubiertas vegetales en viñas, relación con artrópodos beneficiosos y plagas. *Agronomía y forestal*. Pontificia Universidad Católica, [en línea]. Dirección URL: <[http://www.puc.cl/agronomia/e\\_publicaciones/Articulos/otrosarticulos.htm-41k-](http://www.puc.cl/agronomia/e_publicaciones/Articulos/otrosarticulos.htm-41k-)> [Consulta: 18 de abril de 2007].

Coyne, M. 2000. *Microbiología de suelo: un enfoque exploratorio*. Editorial paraninfo. Madrid, España. 416 p.

CIREN CORFO. 1996. *Descripciones de suelos materiales y símbolos. Estudio agrológico VII Región Tomo II*. Santiago, Chile. Publicación de Ciren. 489 p.

Demmant, F. R. 2004. *Agropecuarias y Forestales, Universidad de la Frontera*. Facultad de Ciencias. 31 p.

Doménech, X. 1995. *Química del Suelo. El impacto de los contaminantes*. 3ª Edición. Barcelona, España. Miraguano ediciones. 190 p.

- Echenique, M.; Apcarian, A.; Reeb, P. y Aruani, M. 2007. Equilibrio vegetativo-productivo en cultivos de vid sobre suelos con capas endurecidas, Alto Valle de río negro, región vitivinícola sur de Argentina. *Agricultura técnica* 63 (3): 262-270.
- Fassberder, H. y Bornemisza, E. 1987. *Química de suelo. Con énfasis en suelos de América Latina*. 2ª Edición. San José, Costa Rica. Editorial IICA. 420 p.
- Fernández, G.I. 2000. Nutrición orgánica de los suelos. *Chile agrícola* 25 (243): 58-60
- FIA ; FIBAL . 2002. transición exitosas hacia la agricultura orgánica. 23p
- Gallardo, J. 1992. El humus. *Investigación y ciencia* 46: 8-16.
- Gil, F. 1995. *Elementos de fisiología vegetal*. Madrid España. Editorial Mundi-Prensa. 1147 p.
- González, J. y Lluch, C. 1992. *Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno*. Madrid, España. Editorial Ruedas. 278 p.
- Hidalgo, L. 2002. *Tratado de viticultura general*. 3era edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1235 p.
- INIA. 1996. *Praderas para Chile*. Segunda edición. **En:** IGNACIO RUIZ (Editor). 733 p.
- INIA. 2002. Sistema vaca – Ternero Precoordinera andina región del Bío Bío. **En:** KLEE, G (Editor). *Boletín INIA N° 93*. 205 p.
- INIA. 2006. *Cultivo de la Avena en Chile*. **En:** EDMUNDO BERATO (Editor). 297 p.
- Jackson, M. (1976). *Análisis Químico de Suelos*. 3º edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 662 p.
- Krarup, A. 2002. Blanco austral, cultivar de chícharo (*Lathyrus sativus* L.) obtenido por selección del rendimiento por planta y de sus componentes. *Agro sur* 30 (1): 40-46.
- Labrador, J. 2001. *La materia orgánica en los agrosistemas*. 2º Edición. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 174 p.
- Lampkin, N. 2001. *Agricultura ecológica*. 1ª Edición. Madrid España. Editorial Mundi-Prensa. 724 p.
- Le Blanc, F. 2000. Evaluación de los efectos del compost y orugo de uva, en el desarrollo de parronales var. Thompson. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Santiago, Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 48 p.
- Leiva, L.; Videla, X.; Pino, I. y Luzio, W. 2005. Efecto de diferentes Sistemas de Manejo sobre la Mineralización e Inmovilización de Nitrógeno, [en línea]. Dirección

URL: <<http://www.xcnsc.uchile.cl/PONENCIAS%20XCNCSC.htm>> [Consulta: 15 de septiembre de 2006].

Ligero, F y Lluch, C. 1992. Metabolismo nitrogenado en nódulos radicales: Asimilación del amio. **En:** González, J. y Lluch, C. Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. Madrid, España. Editorial Ruedas. 97-119 p.

Lluch, C y Ligero, F. 1992. **En:** González, J. y Lluch, C. Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. Madrid, España. Editorial Ruedas. 278 p.

Magoff, F. 1999. Calidad y manejo del suelo. **En:** Altieri, M. Agroecología: Bases Científicas de la Agricultura Sustentable. Montevideo, Uruguay. Editorial Nordan-Comunidad. 291-304 p.

Maldonado, J. 1992. **En:** González, J. y Lluch, C. Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. Madrid, España. Editorial Ruedas. 278 p.

Matiello, M.; De Albuquerque, M.; Fráguas, J. y Cassa, J. 2001. Efeito Da Cobertura Vegetal Do Solo Sobre A Abundância E Diversidade De Inimigos Naturais De Pragas Em Vinhedos. Revista Brasileira de Fruticultura. 23(3), [en línea]. Dirección URL: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452001000300025&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452001000300025&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)> [Consulta: 15 de septiembre de 2006].

Mera, M.; Galdames, R.; Espinosa, N.; Aguilera, A. y Montenegro, A. 2004. Lo esencial para producir mil kilos por hectárea d proteína con un cultivo de lupino, [en línea], Dirección URL: <[www.inia.cl/carrillanca/paradescargar/loescencialdellupino.pdf](http://www.inia.cl/carrillanca/paradescargar/loescencialdellupino.pdf)> [Consulta: 05 de octubre de 2007].

Narea, G y Valdivieso, C. 2002. Agricultura orgánica. Situación actual, desafíos y técnicas de producción. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento Protección Recursos Naturales y Centro de Educación tecnológica. 150 p.

ODEPA. 2002. Estadísticas macro sectoriales y productivas. Sub sector agrícola. Cultivos anuales. Superficiales, [en línea]. Dirección URL: <[www.odepagob.cl/](http://www.odepagob.cl/)> [Consulta: 20 de septiembre de 2006]

O'Ryan, J.; Concha, M. y Gallardo, G. 2005. Las viñas orgánicas en Chile. Chile Agrícola 30 (279): 73-77.

Palomares, A. y Coronado, C. 1992. Simbiosis *Rizobium*-leguminosa: El proceso de nodulación. **En:** González, J. y Lluch, C. Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. Madrid, España. Editorial Ruedas. 97-119 p.

Paul, E. 1991. Descomposition of organic matter. In: Ledemburg: Encyclopedia of microbiology. Academic press San Diego. 820 p.

Pérez, Harvey. J. 1999. Requerimientos de nitrógeno en vides para la producción de uva para vino II. Chile agrícola. 23 (236): 28-32.

Postage, J. 1998. Nitrogen fixation. 3era edición. Cambridge University. Reino Unido. 112 p.

PUC. [s.a]. desarrollo y crecimiento del lupino, [en línea]. Dirección URL: <[http://www.puc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/lupino/raices.htm](http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/lupino/raices.htm)> [Consulta: 19 de agosto 2007].

Puchades, J. 2001. Empleo de cubiertas vegetales en cítricos, [en línea]. En Internet. Dirección URL: <<http://www.docum.com/huerta/cubiertasencitricos.htm>> [Consulta: 10 de abril de 2007].

Raggi, R. 1990. Importancia de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. **En:** Primeras jornadas binacionales de cero labranza, Chequén, Chile. pp. 254-259.

Reynier, A. y Sotes, V. 1995. Manual de viticultura. Mundi Prensa. Madrid

SAG. 2003. Catastro vitivinícola nacional 2003, [en línea]. Dirección URL: <[http://www.sag.gob.cl/portal/page?\\_pageid=206,63299&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.sag.gob.cl/portal/page?_pageid=206,63299&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [Consulta: 15 de septiembre de 2006].

Sánchez, G. 2004. Evaluación del aporte nutricional de siete cubiertas vegetales en un viñedo orgánico del c.v. Merlot. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo Mención: Vitivinicultura y Enología. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 53p.

Santibáñez Q.,F y Uribe M.,J.M. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana Santiago de Chile. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 66 p.

Stryer, L.; Berg, J. y Tymoczko, J. 2003. Bioquímica. Tomo 2. 5ª Edición. España Editorial Reverté. 1071 p.

Tao, Wang. y Martínez-Romero, J. [s.a]. Taxonomía de Rhizobium. Universidad Nacional Autónoma de México, [en línea]. Dirección URL: <[http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO\\_12/](http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO_12/)> [Consulta: 20 de septiembre de 2006].

Tay, J.; Mera, M. y France, A. 2004. Luanco-inia: nueva variedad de chícharo (*Lathyrus sativus* L.) de grano grande para exportación. Agricultura Técnica 64(3): 309-313.

Tisdale, S.; Werner, N; Beaton, J. and Havlin, J. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5ª Edición. Toronto, Canada. Editorial Macmillan. 634 p.

Thompson, L. 1966. El suelo y su fertilidad. 3ª Edición. Barcelona, España. Editorial Reverté. 409 p.

Troeh, F. and Thompson, L. 1993. Soil and soil fertility. 5ª Edición. Iowa. Editorial Oxford University. 462 p.

UC sarep. 2004. Taxonomy for plant, [en línea]. Dirección URL: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?41464#image>> [Consulta: 12 de octubre de 2007].

Urquiaga, S y Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el caribe. 1ª Edición. Porto Alegre, Brasil. Editorial Embrapa Agrobiología. 110 p.

Urzúa, H. 2005. Beneficios de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Chile. Ciencia e Investigación Agraria 32(2): 133-150.

Vallejos, E. Silva, P. y Acevedo, E. [s.a]. Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de lupino en la zona central evaluación del rendimiento de nueve genotipos de lupino en la zona central. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 37 p

Valpuesta, V y Cárdenas, J. 1992. **En:** González, J. y Lluch, C. Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. Madrid, España. Editorial Ruedas. 278 p.

Van-Cleemput, O y Boeckx, Pascal. 2005. Alteration of nitrogen cycling by agricultural activities, and its environmental and health consequences. Gayana Botánica. 62(2): 98-109, [en línea]. Dirección URL: <[http://scielo-test.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_artt\\_ext&pid=S0717-66432005000200005&lng=en&nrm=iso](http://scielo-test.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S0717-66432005000200005&lng=en&nrm=iso)> [ Consulta: 07 de agosto de 2006].

Varnero, M. 1991. Manejo de suelo en frutales. Santiago. Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícola. 35: 20-40.

Venegas, R. 1997. La transición hacia una agricultura orgánica. Centro de educación y tecnología. Chile agrícola 22 (225):182-185.

Videla, X.; Parada, A.; Nario, A.; Pino, I y Hood, R. 2005. Efecto del contenido de agua en la mineralización bruta e inmovilización de nitrógeno. Agricultura Técnica 65 (1):74-78.

Viera, V. 1996. Algunos comentarios sobre el nitrógeno como nutrimento de la vid. Chile agrícola 21 (216): 212- 215.

VON BAER, E. 1995. Buen futuro para el lupino. El Campesino. pp. 48-49.

VON BAER, E. 1996. Avances en fito-mejoramiento del lupino. **En:** Avances de Investigación en Lupino. Serie Carillanca. Nº 51. pp 1-8.

Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Editorial Mundi-Prensa. España. 1045 p.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1. FINANCIAMIENTO**

Este estudio se inserta en el marco del proyecto "", realizado en conjunto entre el gobierno suizo e INIA Raihuen y la participación de la Universidad Católica del Maule, INIA CRI Quilamapu.

## ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA NH4+

### Noviembre

Análisis de la Varianza parano v - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	17,3972	3	5,79908	0,28	0,8402
B:Bloques	4,25222	3	1,41741	0,07	0,9756
RESIDUOS	187,97	9	20,8856		
TOTAL (CORREGIDO)	209,62	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

### Diciembre

Análisis de la Varianza parad ic - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	1,7405	3	0,580167	0,44	0,7282
B:Bloques	0,63965	3	0,213217	0,16	0,9188
RESIDUOS	11,7933	9	1,31036		
TOTAL (CORREGIDO)	14,1734	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

### Enero

Análisis de la Varianza para ene - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	18,2568	3	6,08559	1,22	0,3585
B:Bloques	52,1214	3	17,3738	3,48	0,0638
RESIDUOS	44,9926	9	4,99917		
TOTAL (CORREGIDO)	115,371	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

## Febrero

Análisis de la Varianza para febr - Sumas de Cuadrados de Tipo II

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	7,21375	3	2,40458	0,98	0,4433
B:Bloques	14,7992	3	4,93305	2,02	0,1823
RESIDUOS	22,0251	9	2,44723		
TOTAL (CORREGIDO)	44,038	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

## Marzo

Análisis de la Varianza para mar - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	6,51772	3	2,17257	2,64	0,1129
B:Bloques	6,83747	3	2,27916	2,77	0,1028
RESIDUOS	7,39531	9	0,821701		
TOTAL (CORREGIDO)	20,7505	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

### ANEXO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$

#### Noviembre

Análisis de la Varianza paranov - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	3,30172	3	1,10057	0,63	0,6130
B:Bloques	3,94533	3	1,31511	0,75	0,5470
RESIDUOS	15,6881	9	1,74312		
TOTAL (CORREGIDO)	22,9352	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

#### Diciembre

Análisis de la Varianza paradic - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,470419	3	0,156806	1,32	0,3278
B:Bloques	0,374219	3	0,12474	1,05	0,4174
RESIDUOS	1,07081	9	0,118978		
TOTAL (CORREGIDO)	1,91544	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

#### Enero

Análisis de la Varianza paraene - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	5,34215	3	1,78072	1,70	0,2361
B:Bloques	17,2223	3	5,74078	5,48	0,0203
RESIDUOS	9,4286	9	1,04762		
TOTAL (CORREGIDO)	31,9931	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

## Febrero

Análisis de la Varianza para feb - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,482625	3	0,160875	1,09	0,4013
B:Bloques	0,223225	3	0,0744083	0,50	0,6884
RESIDUOS	1,32613	9	0,147347		
TOTAL (CORREGIDO)	2,03198	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

## Marzo

Análisis de la Varianza para mar - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	44,2721	3	14,7574	1,06	0,4117
B:Bloques	123,113	3	41,0375	2,96	0,0903
RESIDUOS	124,862	9	13,8735		
TOTAL (CORREGIDO)	292,246	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

## ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA N-MINERAL TOTAL

### Noviembre

Análisis de la Varianza parano v - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	27,8917	3	9,29722	0,30	0,8232
B:Bloques	14,9517	3	4,9839	0,16	0,9193
RESIDUOS	276,902	9	30,7669		
TOTAL (CORREGIDO)	319,745	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

### Diciembre

Análisis de la Varianza parad ic - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	3,82037	3	1,27346	0,76	0,5454
B:Bloques	0,927969	3	0,309323	0,18	0,9046
RESIDUOS	15,1271	9	1,68078		
TOTAL (CORREGIDO)	19,8754	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

### Enero

Análisis de la Varianza para ene - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	40,3658	3	13,4553	1,61	0,2537
B:Bloques	128,323	3	42,7744	5,13	0,0243
RESIDUOS	75,016	9	8,33511		
TOTAL (CORREGIDO)	243,705	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Febrero**

Análisis de la Varianza para feb - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	8,56107	3	2,85369	0,98	0,4436
B:Bloques	11,3827	3	3,79422	1,31	0,3315
RESIDUOS	26,1594	9	2,9066		
TOTAL (CORREGIDO)	46,1031	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Marzo**

Análisis de la Varianza para mar - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	45,2244	3	15,0748	0,87	0,4922
B:Bloques	183,137	3	61,0455	3,52	0,0621
RESIDUOS	156,17	9	17,3522		
TOTAL (CORREGIDO)	384,531	15			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.