

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**FUENTES Y LOCALIZACIÓN EN LA FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA DE VIÑA**

POR

Néstor Daniel LÓPEZ CORES  
Javier Eduardo NUÑEZ FIERRO

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
  
**DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACIÓN Y  
BIBLIOTECA**

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo  
(Orientación Vegetal Intensivo)

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2002

**Tesis aprobada por:**

Director: Ing. Agr. José P. Zamalvide  
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Marcelo Ferrando  
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Omar Borsani  
Nombre completo y firma

Fecha: \_\_\_\_\_

Autores: Nestor Daniel López Cores  
Nombre completo y firma

Javier Eduardo Nuñez Fierro  
Nombre completo y firma

## **Agradecimientos**

Al Ing. Agr. José P. Zamalvide por el apoyo que nos fue brindado en todo momento.

Al Ing. Agr. Marcelo Ferrando por su valiosa contribución para poder llevar a cabo el presente trabajo.

Al personal de biblioteca en especial a las Sras. Zully y Miriam.

Al establecimiento Juanico y a su personal.

A toda la Facultad de Agronomía en su conjunto, que nos brindo apoyo y conocimiento.

Al laboratorio de INAVI, especialmente al Ing. Agr. Gustavo Gonzales.

Al edificio Guanabara que brindo apoyo material y estímulo a Javier Núñez.

Y un especial agradecimiento a la familia de Javier Núñez y Daniel López, que sin ellos no se hubiese podido elaborar esta tesis.

Y por último a todos los que en mayor o menor medida han colaborado.

**Nuestro agradecimiento a todos ellos.**

## TABLA DE CONTENIDO:

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	VI
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b><u>1</u></b>
<b><u>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u></b> .....	<b><u>2</u></b>
<b><u>2.1. FUNCION DEL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS</u></b> .....	<b><u>2</u></b>
<b><u>2.2. DINAMICA DEL N EN EL SUELO</u></b> .....	<b><u>2</u></b>
<b><u>2.2.1. Balance del N</u></b> .....	<b><u>3</u></b>
<b><u>2.2.1.1. Ganancias</u></b> .....	<b><u>3</u></b>
<b><u>2.2.1.2. Perdidas</u></b> .....	<b><u>5</u></b>
<b><u>2.3. METABOLISMO DEL N EN LA PLANTA DE VID</u></b> .....	<b><u>10</u></b>
<b><u>2.3.1. Absorción</u></b> .....	<b><u>10</u></b>
<b><u>2.3.2. Reducción</u></b> .....	<b><u>11</u></b>
<b><u>2.3.3. Asimilación</u></b> .....	<b><u>12</u></b>
<b><u>2.3.4. Translocación</u></b> .....	<b><u>13</u></b>
<b><u>2.3.5. Distribución</u></b> .....	<b><u>13</u></b>
<b><u>2.3.6. Reservas y movilización</u></b> .....	<b><u>14</u></b>
<b><u>2.4. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL VIÑEDO RESPECTO AL N</u></b> .....	<b><u>15</u></b>
<b><u>2.5. EFECTO DEL N EN LA PRODUCCIÓN DE MADERA</u></b> .....	<b><u>17</u></b>
<b><u>2.6. ANÁLISIS FOLIAR EN LA VID</u></b> .....	<b><u>18</u></b>
<b><u>2.6.1. Momento fisiológico del muestreo y tejido utilizado</u></b> .....	<b><u>19</u></b>
<b><u>2.6.2. Parámetros que expresan el nivel nutricional</u></b> .....	<b><u>20</u></b>
<b><u>2.6.3. Niveles críticos de N</u></b> .....	<b><u>21</u></b>
<b><u>2.7. FERTILIZACIÓN NITROGENADA</u></b> .....	<b><u>23</u></b>
<b><u>2.7.1. Diferentes fuentes</u></b> .....	<b><u>23</u></b>
<b><u>2.7.1.1. Fuentes Orgánicas</u></b> .....	<b><u>24</u></b>
<b><u>2.7.1.2. Fuentes Amoniacales</u></b> .....	<b><u>24</u></b>
<b><u>2.7.1.3. Fuentes Nítricas</u></b> .....	<b><u>25</u></b>
<b><u>2.7.1.4. Fuentes Mixtas</u></b> .....	<b><u>26</u></b>
<b><u>2.7.2. Dosis de nitrógeno</u></b> .....	<b><u>27</u></b>
<b><u>2.7.3. Formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados</u></b> .....	<b><u>29</u></b>
<b><u>3. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	<b><u>32</u></b>
<b><u>3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO</u></b> .....	<b><u>32</u></b>
<b><u>3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES</u></b> .....	<b><u>32</u></b>
<b><u>3.3. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL CARACTERISTICO</u></b> .....	<b><u>33</u></b>
<b><u>3.4. TRATAMIENTOS</u></b> .....	<b><u>35</u></b>
<b><u>3.4.1. Formas de aplicación</u></b> .....	<b><u>35</u></b>
<b><u>3.4.2. Fuentes y fertilización con N</u></b> .....	<b><u>36</u></b>

<b><u>3.5.</u></b>	<b><u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u></b> .....	<b><u>36</u></b>
<b><u>3.6.</u></b>	<b><u>VARIABLES EVALUADAS</u></b> .....	<b><u>38</u></b>
<b><u>3.6.1.</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b> .....	<b><u>38</u></b>
<b><u>3.6.2.</u></b>	<b><u>Alcohol probable</u></b> .....	<b><u>38</u></b>
<b><u>3.6.3.</u></b>	<b><u>Acidez total y pH</u></b> .....	<b><u>38</u></b>
<b><u>3.6.4.</u></b>	<b><u>N total en hoja y nitratos en pecíolo</u></b> .....	<b><u>38</u></b>
<b><u>3.6.5.</u></b>	<b><u>Peso de poda</u></b> .....	<b><u>39</u></b>
<b><u>3.7.</u></b>	<b><u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u></b> .....	<b><u>39</u></b>
<b><u>4.</u></b>	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b> .....	<b><u>40</u></b>
<b><u>4.1.</u></b>	<b><u>EFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES Y FORMAS DE APLICACION EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD</u></b> .....	<b><u>40</u></b>
<b><u>4.1.1.</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b> .....	<b><u>40</u></b>
<b><u>4.1.2.</u></b>	<b><u>Alcohol probable</u></b> .....	<b><u>41</u></b>
<b><u>4.1.3.</u></b>	<b><u>Acidez total y pH</u></b> .....	<b><u>42</u></b>
<b><u>4.2.</u></b>	<b><u>EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CONTENIDO DE NITRÓGENO (N TOTAL EN HOJA Y NITRATOS EN PECÍOLO)</u></b> .....	<b><u>43</u></b>
<b><u>4.3.</u></b>	<b><u>EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL VIGOR DE LAS PLANTAS (PESO DE PODA)</u></b> .....	<b><u>46</u></b>
<b><u>5.</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b> .....	<b><u>50</u></b>
<b><u>6.</u></b>	<b><u>RESUMEN</u></b> .....	<b><u>51</u></b>
<b><u>7.</u></b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....	<b><u>52</u></b>
<b><u>8.</u></b>	<b><u>ANEXO</u></b> .....	<b><u>55</u></b>

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES:

### Cuadros:

<u>Cuadro N° 1: Descripción de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	33
<u>Cuadro N° 2: Análisis físicos y químicos de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	33
<u>Cuadro N° 3: Análisis químico de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	33
<u>Cuadro N° 4: Descripción de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	34
<u>Cuadro N° 5: Análisis físicos y químicos de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	34
<u>Cuadro N° 6: Análisis químico de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976).....</u>	34
<u>Cuadro N° 7: Análisis químico del suelo del ensayo (año 2000).....</u>	35
<u>Cuadro N° 8: Tabla de medias para Rendimiento (kg/ha).....</u>	40
<u>Cuadro N° 9: Análisis de varianza para rendimiento.....</u>	40
<u>Cuadro N° 10: Tabla de medias para alcohol probable.....</u>	41
<u>Cuadro N° 11: Análisis de varianza para alcohol probable.....</u>	41
<u>Cuadro N° 12: Tabla de medias para acidez total.....</u>	42
<u>Cuadro N° 13: Tabla de medias para pH.....</u>	42
<u>Cuadro N° 14: Análisis de varianza para acidez total.....</u>	42
<u>Cuadro N° 15: Análisis de varianza para pH.....</u>	42
<u>Cuadro N° 16: Tabla de medias para N total (% MS).....</u>	43
<u>Cuadro N° 17: Tabla de medias para nitratos (ppm).....</u>	43
<u>Cuadro N° 18: Análisis de varianza para N total.....</u>	43
<u>Cuadro N° 19: Análisis de varianza para nitratos.....</u>	44
<u>Cuadro N° 20: Contraste ortogonal para nitratos.....</u>	45
<u>Cuadro N° 21: Tabla de medias para Peso de Poda (kg/parcela chica).....</u>	46
<u>Cuadro N° 22: Análisis de varianza para Peso de Poda.....</u>	47
<u>Cuadro N° 23: Contraste ortogonal para Peso de Poda.....</u>	47
<u>Cuadro N° 24: Contraste ortogonal para rendimiento.....</u>	55
<u>Cuadro N° 25: Interacción para rendimiento.....</u>	55
<u>Cuadro N° 26: Contraste ortogonal para alcohol.....</u>	56
<u>Cuadro N° 27: Interacción para alcohol probable.....</u>	56
<u>Cuadro N° 28: Contraste ortogonal para acidez total.....</u>	57
<u>Cuadro N° 29: Interacción para acidez total.....</u>	57
<u>Cuadro N° 30: Contraste ortogonal para pH.....</u>	58
<u>Cuadro N° 31: Interacción para pH.....</u>	58

<b><u>Cuadro N° 32: Contraste ortogonal para N total</u></b> .....	59
<b><u>Cuadro N° 33: Interacción para N total</u></b> .....	59
<b><u>Cuadro N° 34: Interacción para nitratos</u></b> .....	60
<b><u>Cuadro N° 35: Interacción para peso de poda</u></b> .....	60
<b><u>Cuadro N° 36: Resultados totales</u></b> .....	61

### **Figuras:**

<b><u>Figura N° 1: Ciclo del Nitrógeno</u></b> .....	9
<b><u>Figura N° 2: Disposición de las parcelas y los bloques</u></b> .....	37
<b><u>Figura N° 3: Respuesta en el contenido de nitratos para los dif. tratamientos</u></b> .....	44
<b><u>Figura N° 4: Respuesta en el contenido de nitratos para testigo vs resto</u></b> .....	45
<b><u>Figura N° 5: Respuesta del Peso de Poda a los diferentes tratamientos</u></b> .....	47
<b><u>Figura N° 6: Respuesta en el Peso de Poda para testigo vs resto</u></b> .....	48
<b><u>Figura N° 7: Respuesta del rendimiento a los diferentes tratamientos</u></b> .....	55
<b><u>Figura N° 8: Respuesta del alcohol probable a los diferentes tratamientos</u></b> .....	56
<b><u>Figura N° 9: Respuesta de la acidez total a los diferentes tratamientos</u></b> .....	57
<b><u>Figura N° 10: Respuesta del pH a los diferentes tratamientos</u></b> .....	58
<b><u>Figura N° 11: Respuesta del contenido de N total para los dif. tratamientos</u></b> .....	59

## **1. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años en el país a habido un auge en la exportación de vinos finos.

Los mercados internacionales exigen entre otras cosas productos de muy buena calidad, así como un volumen que permita acceder a esos mercados.

Como el Uruguay no puede competir en volumen con otros países exportadores, debe apostar a la calidad. Para cumplir los requerimientos de calidad, se han implementado distintos cambios tecnológicos tales como: porta injertos, variedades, poda, conducción y fertilización.

Estos cambios exigen que se aborde un “paquete tecnológico” de diversas medidas que no pueden implementarse en forma aislada.

Esto ha llevado a que nuestro país realice ensayos diversos con el fin de obtener medidas concretas para diversas situaciones y así ajustar el “paquete tecnológico” más adecuado a los objetivos que se planteen.

En cuanto a la fertilización, fue abandonado el uso indiscriminado de fertilizantes compuestos, comenzándose a hacer un uso más racional de la misma. Utilizándose el análisis de suelo y foliar como orientadores en la fertilización, relacionándolo con los rendimientos y los diferentes parámetros de calidad.

La presente investigación forma parte de los ensayos que realiza la Facultad de Agronomía (Área de Suelos y Agua) en el programa de fertilización y manejo de suelos en viña.

El objetivo de este trabajo es evaluar distintas fuentes y formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados, asociados con los diferentes parámetros de rendimiento, vigor (peso de poda), contenido foliar de nitrógeno (N total y nitratos) y calidad del vino (pH, acidez, alcohol probable). Contribuyendo así a obtener referencias nacionales que ayuden a mejorar la correcta aplicación de fertilizantes nitrogenados para así obtener vinos de alta calidad enológica.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. FUNCION DEL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS**

Según BLACK 1975, los compuestos nitrogenados constituyen una parte importante del peso total de las plantas, aproximadamente 10 % del peso fresco.

El nitrógeno representa en los tejidos vegetales del 2 al 4 %. Su falta es la que con mayor frecuencia limita el crecimiento de las plantas, pues estas lo necesitan en grandes cantidades, de ahí que se lo considere como un macro nutriente.

El nitrógeno es un compuesto de los pigmentos de la clorofila, del Trío fosfato de Adenosina (ATP), transportador de energía, y de las hormonas reguladoras del metabolismo. Después del agua las proteínas son las constituyentes principales del protoplasma. En el material vegetal la proteína es la fracción más abundante representando aproximadamente el 80 % del nitrógeno total. El nitrógeno de los ácidos nucleicos representa el 10 %.

En cambio el N inorgánico representa una pequeña cantidad .

### **2.2. DINAMICA DEL N EN EL SUELO**

Para lograr un manejo eficiente y racional de la fertilización nitrogenada es fundamental el conocimiento de la dinámica del nitrógeno en el suelo y de los principales procesos de pérdidas y ganancias del nitrógeno en el sistema.(Perdomo et al 1997(37))

Según BLACK 1975, en cada ciclo anual se mineraliza parte del nitrógeno orgánico del suelo, y se inmoviliza parte del nitrógeno mineral; parte del nitrógeno lo toman las plantas, mientras que otra vuelve al suelo con los residuos vegetales, parte se pierde en la atmósfera y otra regresa al suelo, parte puede perderse por lixiviación y parte ganarse por fertilización, una fracción de ese N puede perderse por erosión o agregarse por sedimentación, demostrándose así que el nitrógeno esta en activo dinamismo.

### 2.2.1. Balance del N

Según PERDOMO et al 1999, en sistemas naturales que no han sido alterados por el hombre la mayoría del nitrógeno inorgánico que toman las plantas deriva del N de la materia orgánica del suelo.

El contenido de materia orgánica del suelo (MOS) de un sistema natural determinado tiende a permanecer relativamente cte., y el nivel de equilibrio al que se llega depende del clima, del tipo de suelo y del tipo de cobertura vegetal. Cuando ese sistema es alterado por el hombre, el nivel de MOS generalmente cambia. Estos cambios ocurren en forma rápida al principio y luego se enlentecen, llegando finalmente a un nuevo equilibrio.

El nivel final de equilibrio al que se llega depende del manejo que se haya establecido en ese suelo.

Los cambios en el contenido de N del suelo, al cambiar el manejo de una situación determinada, ocurren por que cambia el balance de mecanismos de pérdidas y ganancias del nitrógeno en el suelo.

#### 2.2.1.1. Ganancias

Según PERDOMO et al 1999, los principales mecanismos de ganancias son: Nitrógeno aportado por las lluvias, N proveniente de la fijación no simbiótica, N proveniente de la fijación simbiótica, N aportado por los fertilizantes y abonos orgánicos, N proveniente de la mineralización de los restos frescos.

El nitrógeno aportado por las *lluvias* es de escasa relevancia en la producción agrícola.

En regiones desérticas se estiman que las lluvias aportan aproximadamente 5 kg/ha/año, mientras que en zonas de alta actividad industrial puede ser de 30 kg/ha/año.

Las principales formas de N aportadas por las precipitaciones son  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ . La mayor parte de estos compuestos son producidos en el suelo y pasan a la atmósfera por mecanismos de pérdidas.

Parte del  $\text{NO}_3^-$  que vuelve con la lluvia es producido por descargas eléctricas que ocurren en la atmósfera.

Según LEWIS 1993, citado por PERDOMO et al 1999 en términos generales la mayoría del nitrógeno que vuelve al suelo con las lluvias proviene del N liberado por la quema de combustibles fósiles y bosques, y en menor medida de la actividad volcánica.

Para CHAMPAGNOL 1984 el aporte de nitrógeno por las lluvias esta en el entorno de 5-15 kg/ha/año.

La *fijación no simbiótica* de nitrógeno en el suelo puede ser realizada por microorganismos tales como bacterias de vida libre y algas azul-verdes.

El nitrógeno proveniente de la *fijación simbiótica* entre especies de leguminosas y bacterias fijadoras de nitrógeno es particularmente importante en la producción agropecuaria de nuestro país, donde se realizan rotaciones de cultivos con praderas mezcla de leguminosas y gramíneas; y donde también se siembra en la entrefila de cultivos frutícolas.

El proceso de fijación simbiótica es llevado a cabo por la actividad de la bacteria *Rhizobium* en los nódulos de las raíces de leguminosas como tréboles, alfalfa y lotus.

En Uruguay la cantidad de nitrógeno que pueden fijar las pasturas mezclas en su segundo año puede ser de hasta 300 kg/ha. (PERDOMO et al 1999).

El aporte de nitrógeno por medio de la fijación simbiótica y no simbiótica es en promedio del entorno de 5-30 kg/ha/año.

Para lograr altos rendimientos y hacer rentable la actividad agropecuaria los cultivos requieren de un buen suministro de nitrógeno, si el suelo no es capaz de aportar todo el nitrógeno que demanda el cultivo, es posible suministrar parte de este como fertilizantes orgánico (estiércol, etc.) o fertilizantes inorgánicos (urea, nitrato de amonio, etc.). (PERDOMO et al 1999).

Según BLACK 1975, el termino *mineralización* se usa normalmente para describir la transformación de nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico, ya sea este en forma de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$  y es realizado por microorganismos del suelo.

Según BARKER et al 1980, mas del 90 % del nitrógeno total en el suelo existe bajo combinaciones orgánicas.

Un suelo con 3 % de materia orgánica y una tasa de mineralización anual de 2 % y con un contenido en la MOS de nitrógeno del 5 % puede aportar en promedio 75 kg N/ha/año; pero esto dependerá de cuan estabilizada este la MOS además de muchos factores mas (tipo de MOS, temperatura, etc.). (PERDOMO et al 1999).

Según CHAMPAGNOL 1984, la mineralización depende de las condiciones que se le presenten a los microorganismos del suelo es decir, temperatura, aeración, pH, etc.; por lo que observo que existe una variación en el nivel de mineralización entre años y dentro de los meses del año, observándose un incremento en los meses más cálidos, ya que por encima de 5° C por cada 10° de aumento se duplica la mineralización.

En sistemas de producción intensivas las fuentes mas importantes de entrada de nitrógeno al sistema suelo-planta son las aportadas por fuentes orgánicas y los fertilizantes nitrogenados.(PERDOMO et al 1996(36)).

#### 2.2.1.2.Perdidas

Los principales mecanismos de perdidas de nitrógeno son: extracción por los cultivos o animales, inmovilización, desnitrificación, volatilización, lixiviación y erosión.(PERDOMO et al 1999).

Según GASTEL citado por CHOUHY 1994, la *extracción* de nitrógeno por año y por ha es de 100 kg para un rendimiento de 13000 kg en la variedad Riesling.

Se denomina *inmovilización* al proceso opuesto a la mineralización. Es la transformación de N inorgánico del suelo ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ ), en nitrógeno orgánico, realizada por los microorganismos cuando absorben N mineral y lo transforma en constituyente de sus células y tejidos.(PERDOMO et al 1999).

Según JANSSON y PERSSON 1982 citado por PERDOMO et al 1999, los procesos de mineralización e inmovilización actúan al mismo tiempo determinando lo que se denominan ciclo de mineralización-inmovilización (CMI).

Cada uno de estos procesos ocurren a una cierta tasa bruta, y la diferencia entre ellos resultara en un efecto neto. Cuando la cantidad de N mineral en el suelo aumenta ocurre mineralización neta. En cambio cuando se retira N mineral ya existente en el suelo, ocurre inmovilización neta.

Este efecto neto es muy importante pues determina la cantidad de N mineral disponible para las plantas en caso de que no se fertilice con este nutriente.(PERDOMO et al 1999).

Según BARRACLOUGH et al 1998 citado por PERDOMO et al 1999 a igualdad de condiciones climáticas el efecto neto del CMI y su magnitud depende del tipo y de la cantidad de residuo que se este descomponiendo.

El agregado de materia orgánica descomponible suministra energía (E) y nitrógeno (N), la relación de E/N del resto determina el efecto neto. Sin embargo en condiciones practicas normalmente se utiliza la relación C/N para caracterizar los residuos. A medida que se descompone un resto se enriquece en N y se empobrece en carbono, por lo que la relación C/N disminuye hasta alcanzar la relación C/N del tejido microbiano el cual es cercano a 10/1.En este punto se puede decir que el residuo vegetal a sido descompuesto.

Relaciones C/N mayor a 33/1 en el resto generalmente produce inmovilización neta (gramíneas), en cambio relaciones menores a 15/1 (leguminosas) van a liberar N al sistema.

Debe de tenerse en cuenta que la relación C/N es solo una aproximación del parámetro importante (E/N), caso claro son las ligninas, tienen alta relación C/N pero son difíciles de descomponer siendo pobres como fuente de energía no causando una inmovilización neta importante. (PERDOMO et al 1999).

Se puede afirmar que las formas de nitrógeno orgánicas susceptibles de ser mineralizadas incluyen 2 tipos de sustancias.

- MOS estabilizada (humus) relación C/N 10/1
- Restos frescos

La materia orgánica estabilizada se mineraliza lentamente a una tasa que fluctúa 1-3 % anual, y es la sustancia que presenta la mayor parte de N del suelo. (PERDOMO et al 1999).

La **nitrificación** se define como el pasaje de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  el cual es realizado por un grupo reducido de m.o autótrofos especializados (nitrobacterias).

Dicho proceso ocurre en 2 etapas, primero el pasaje de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  actuando bacterias del género nitrosomonas; segundo este  $\text{NO}_2^-$  es convertido a  $\text{NO}_3^-$  por bacterias del género nitrobacter.

La reacción 2 es más rápida que la 1 y ambas son más rápidas que el pasaje de N org a  $\text{NH}_4^+$ , por lo que el  $\text{NO}_3^-$  es la forma de N mineral que normalmente se acumula en el suelo. (PERDOMO et al 1999).

Debido a su carga negativa el  $\text{NO}_3^-$  no es retenido por la fracción coloidal del suelo. Por lo tanto, el agua del suelo que está en movimiento, puede llevar consigo el  $\text{NO}_3^-$  hacia los horizontes inferiores, lo que se conoce como **lixiviación** o lavado.

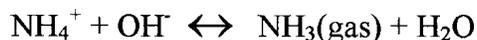
Según BLACK 1975, la pérdida de nitrato por lixiviación aumenta en función de su concentración y de la pérdida de agua. La pérdida es mayor en suelos “desnudos” ya que faltan plantas para absorber nitrato y agua.

La **desnitrificación** es un proceso de reducción biológica realizada en el suelo por un gran número de m.o anaerobios facultativos, en condiciones de anaerobiosis estos m.o utilizan el  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  en lugar de  $\text{O}_2$  como aceptores de electrones, produciendo 2 formas gaseosas del N el  $\text{N}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . (PERDOMO et al 1999).

HAUCK 1981 citado por PERDOMO et al 1999 basándose en resultados de ensayos, estimo que en promedio del 25-30 % del N aplicado como fertilizante se puede perder por este proceso.

La **volatilización** junto con la desnitrificación son los procesos del ciclo del N mediante los cuales el N vuelve a la atmósfera.

El termino volatilización se utiliza para describir el proceso de perdida del N del suelo como amoniaco ( $\text{NH}_3_{\text{gas}}$ ) y se representa en la siguiente ecuación:



El  $\text{NH}_4^+$  intercambiable del suelo se encuentra en equilibrio con el  $\text{NH}_4^+$  disuelto en la solución del suelo.

El  $\text{NH}_4^+$  disuelto en el suelo en medio alcalino (presencia de  $\text{OH}^-$ ) pasa a formas  $\text{NH}_3$  en solución y al aumentar el  $\text{NH}_3$  en solución aumenta  $\text{NH}_3$  gas. (PERDOMO et al 1999).

Hauck citado por PERDOMO et al 1999 estima que la perdida de N del fertilizante aplicado por este proceso son en promedio del orden del 15-20 %.

Debido a que la concentración de  $\text{NH}_3$  gas es baja y relativamente Cte., la tasa de volatilización de amoniaco esta directamente relacionada a su concentración la cual esta determinada por el pH de la solución y la concentración de  $\text{NH}_4^+$ . Por lo tanto las perdidas por volatilización pueden ocurrir siempre que existan altas concentraciones de  $\text{NH}_3$  cerca de la superficie del suelo. Esto generalmente ocurre luego de la aplicación de fertilizantes amoniacales o materia orgánica fácilmente descomponible en la superficie de suelos neutros o alcalinos; o cuando se concentra un fertilizante alcalino amoniacal en un volumen limitado de suelo. (PERDOMO et al 1999).

Según BLACK 1975, no hay información acerca de la perdida por **erosión** pero en experimentos de Lipman 1936 estimaron una perdida anual de N de 27 kg/ha.

Según CHAMPAGNOL 1984, el balance de N mineral quizás se establezca según los siguientes términos en kgN/ha/año.

Aportes de lluvias	5-15
Fijación atmosférica	5-30
Retorno de hojas	10-25
Mineralización	20-100
 Total	 40-170
 Absorción	 40-70

Inmovilización	indeterminado
Desnitrificación	indeterminado
Otras pérdidas	indeterminado

Los dos procesos de pérdida mas importante el lavado y la desnitrificación ocurren en condiciones de exceso de agua en los suelos. En nuestro país son mas probables que ocurran en el periodo otoño-invierno, especialmente cuando el suelo este en barbecho ya que no existe un cultivo que pueda remover el  $\text{NO}_3^-$  del suelo. (PERDOMO et al 1999).

**Figura N° 1: Ciclo del Nitrógeno**

### 2.3. METABOLISMO DEL N EN LA PLANTA DE VID

Según CHAMPAGNOL 1984, las cantidades de nitrógeno contenido en las hojas, sarmientos y racimos son de 40 a 70 Kg /Ha. Las cantidades exportadas en nitrógeno con la cosecha van de 40 Kg /ha (datos de Dagust 1881) a 70 Kg /Ha (datos de Lafon et al, 1965). Estos rangos están determinados por el nivel de producción, requiriéndose mas absorción, y siendo mayor la exportación de este nutriente cuando la producción es alta, determinándose así que se considere a los fenómenos de absorción, reducción, asimilación, distribución y formación de reservas (junto a su movilización) para poder entender las cantidades presentes en los tejidos.

#### 2.3.1. Absorción

La absorción de N es principalmente bajo la forma de nitrato. También la vid puede absorber amonio, según CHAMPAGNOL 1984 y Galzy et al 1990 citado por GONZALEZ 1997.

Los diversos microorganismos del suelo oxidan a los distintos compuestos nitrogenados a  $\text{NO}_3^-$ . (WINKLER 1974).

La absorción del  $\text{N-NO}_3^-$  implica gasto de energía para la planta (CHAMPAGNOL 1984). Mientras que el amonio no esta suficientemente claro si se absorbe de manera pasiva o activa (con gasto de energía).

En el caso del  $\text{NO}_3^-$ , una vez que se absorbe, se produce una liberación de  $\text{OH}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ , alcalinizándose el medio. (GIL 1993; citado por GONZÁLEZ 1997).

En cambio en la absorción de  $\text{NH}_4^+$  se acidifica el medio, por liberación de  $\text{H}^+$  que favorece el ingreso de cationes (CHAMPAGNOL 1984).

Para CHAMPAGNOL 1984, en un cultivo que no recibe ningún tipo de fertilización, el principal ion absorbido es el  $\text{NO}_3^-$ . Si se efectúa una fertilización con fuentes amoniacaes, aumenta la cantidad de  $\text{NH}_4^+$  en la solución del suelo y así se establece un desequilibrio a favor de este catión respecto del  $\text{NO}_3^-$  en cuanto a las principales formas de absorber nitrógeno. En este caso, para Lee et al 1989 citados por GONZÁLEZ 1997, la alta cantidad de  $\text{NH}_4^+$  despolariza a la membrana celular, desfavoreciendo la absorción de  $\text{NO}_3^-$ .

Para CHAMPAGNOL 1984, la mayor absorción de  $\text{NH}_4^+$  provoca una menor síntesis de ácidos orgánicos en la viña (tartárico y málico fundamentalmente). Esto

último, es contrario al caso de una mayor absorción de  $\text{NO}_3^-$ , que conduce a la síntesis de los ácidos orgánicos antes mencionados. Para este autor, en suelos sin aportes externos de N, la absorción de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica y del nivel de precipitaciones (que provoca el lavado del  $\text{NO}_3^-$ ).

Para WINKLER 1974, tanto el déficit como el exceso de N reducen la cosecha por mala y poca formación de racimos. Esto último está de acuerdo con JEAN BELL et al 1999, donde en sus ensayos los mayores rendimientos se obtuvieron con dosis medias. Para el exceso de N, esto puede ser explicado por el trabajo de GIL 1993 donde según este autor el alto nivel de fertilización (sea con fuentes nítricas o amoniacales) lleva a que los tejidos tengan un alto nivel en  $\text{NH}_4^+$  que ocasiona la toxicidad. Esta toxicidad llevaría en la vid a la muerte de yemas, desecación de racimos y anomalías en las raíces, tallos, hojas y bayas.

En cuanto al momento en que el N es más necesario (con relación a cuando se aplicaría un fertilizante con este elemento) es a inicios de primavera y a lo largo de floración. Una vez que ha sido “definido” el número de racimos, el abastecimiento de N solo debe ser suficiente para proporcionar un adecuado pero decreciente crecimiento del brote y una adecuada superficie foliar. Un exceso de N durante la maduración, tiende a desviar el azúcar producido en las hojas hacia un crecimiento continuo de brotes. Estas conclusiones de WINKLER 1974 concuerdan con CHAMPAGNOL 1984.

PAREJO 1995, citando a Manaresi, establece que la absorción se produce fundamentalmente de brotación a floración.

El abastecimiento de N, en un determinado momento puede no ser suficiente para satisfacer las necesidades de la vid durante un largo periodo, y la planta recurre a sus reservas de este elemento; para luego, si las condiciones del medio lo permiten, reponer el stock de este elemento.

### **2.3.2. Reducción**

El  $\text{NO}_3^-$  una vez absorbido, es reducido en la planta a  $\text{NH}_4^+$ , para ser este luego incorporado en un “esqueleto” carbonado y originar así una molécula de aminoácido. (CHAMPAGNOL 1984). También GIL 1993 establece que el  $\text{NO}_3^-$  es reducido a  $\text{NH}_4^+$ ; y aclara que si no existen condiciones apropiadas de temperatura, luz y suministro de carbohidratos el  $\text{NO}_3^-$  se acumula en las raíces (en las vacuolas) o pasa a las hojas donde también se acumula y disminuye la absorción.

Para CHAMPAGNOL 1984 la reducción puede suceder tanto en las hojas como en las raíces. Esta reducción es efectuada por la enzima nitrato-reductasa. Pero la

actividad de esta enzima es 4 a 10 veces mayor en las hojas que en las raíces. (Pérez y Kliever 1978 citados por CHAMPAGNOL 1984).

GIL 1993 describe los pasos de la reducción del  $\text{NO}_3^-$ . Mediante la enzima nitrato- reductasa se reduce al nitrato hasta nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) con el uso de poder reductor generado por la fotosíntesis. Posteriormente con la intervención de la enzima nitrito-reductasa el  $\text{NO}_2^-$  es reducido hasta  $\text{NH}_4^+$ , con el empleo también del poder reductor proporcionado por la fotosíntesis.

Para CHAMPAGNOL 1984, el mecanismo implicado en la reducción del  $\text{NO}_3^-$  lleva a que se libere  $\text{OH}^-$  (relación: 1 mol de  $\text{OH}^-$  por cada mol de  $\text{NO}_3^-$ ) y la planta sintetice ácidos orgánicos (particularmente málico) que son fuente de  $\text{H}^+$  que neutralizan a los hidroxilos. Pero estos ácidos orgánicos producen un desbalance iónico y de pH en el citoplasma. Para restablecer el balance, los ácidos orgánicos (sus radicales) son incorporados a las vacuolas.

### **2.3.3. Asimilación**

El  $\text{NH}_4^+$ , es incorporado a un “esqueleto carbonado” y se sintetiza así un aminoácido, como fuera antes mencionado. Esto ocurre por la acción de la enzima glutamin-sintetaza, al incorporar él la molécula de glutamato (“esqueleto carbonado”) y formar glutamina. (Crawford 1995, citado por GONZÁLEZ 1997).

Roubelakis et al 1983, citados por GONZÁLEZ 1997 demuestran que la glutamin-sintetaza tiene mayor actividad en la hoja.

Metabólicamente existe un sistema de enzimas llamado glutamin-sintetasa/ glutamato-sintasa, que es la principal vía de asimilación del  $\text{NH}_4^+$ . (GONZÁLEZ 1997 citando a Teller et al). Cuando aumenta la concentración de  $\text{NH}_4^+$ , el sistema actúa, además de asimilar a este catión, desintoxicando a la planta ante un eventual exceso de esta forma de N.

Posteriormente, a partir de la glutamina se sintetizan otros aminoácidos, con la intervención de otros “esqueletos carbonados” y otras enzimas. (GIL 1993).

#### **2.3.4. Translocación**

El nitrógeno (N) absorbido por las raíces es translocado por el xilema hacia las partes aéreas de las plantas. El tipo de compuestos en que se trasloca, depende de la fuente nitrogenada y del metabolismo en la raíz. Las plantas superiores trastocan el N como  $\text{NO}_3^-$  y aminoácidos. (CHOUHY 1994).

De acuerdo con RIVEREAU et al 1982 la mayoría del N se transporta bajo forma orgánica (aminoácidos) por el xilema. Como ya se vio esto esta de acuerdo con que el  $\text{NO}_3^-$  pasa a  $\text{NH}_4^+$  y este es incorporado en aminoácidos. Esto esta de acuerdo con Crawford, 1995 citado por GONZÁLEZ 1997.

Pero hay que señalar, según Pérez et al, 1982 citados por GONZÁLEZ 1997 que la vid es una de las pocas plantas que transporta cantidades importantes de  $\text{NO}_3^-$  por la savia del xilema. Esto esta relacionado con lo antes expresado por CHAMPAGNOL 1984, de que la actividad de la nitrato-reductasa es de 4 a 10 veces mayor en las hojas que en las raíces.

#### **2.3.5. Distribución**

Según CHAMPAGNOL 1984, hay redistribución de N, desde las estructuras permanentes, fundamentalmente al inicio del ciclo vegetativo y durante el desarrollo de los frutos. Según este autor, el lugar principal de estas reservas esta en los troncos, los brazos y las raíces. Al comienzo de la temporada, la nueva brotación es sustentada por las reservas como pudo constatar Obbink, 1973 citado por CHAMPAGNOL 1984.

Durante el desarrollo de los frutos, primero estos consumen el N de las reservas y luego el proveniente de las hojas, según Lafón et al citados por CHAMPAGNOL 1984.

De acuerdo a lo mencionado antes la viña se caracteriza por la disminución de N de las reservas hasta el momento de la cosecha. Por otro lado, según Conrradie 1990 citado por CHOUHY 1994 las reservas aumentan luego de la cosecha, hasta la caída de las hojas, porque nuevamente se incrementa la absorción.

Para Champagnol lo que concuerda con Conrradie 1990 citado por CHOUHY 1994, las hojas desempeñan un papel intermediario durante el ciclo vegetativo, en el sentido de recibir el N absorbido y metabolizarlo para luego redistribuirlo a los frutos y renovar las reservas.

### **2.3.6. Reservas y movilización**

De todo lo anterior:

- El nuevo crecimiento es en base a las reservas , que son movilizadas al comienzo de cada ciclo.
- El N que es absorbido va hacia a las hojas, encargadas estas de realizar la redistribución.
- Las hojas redistribuyen nitrógeno asimilado hacia los frutos y para restaurar las reservas .

Respecto a la evolución del N en la hoja, según Poni et al citado por GONZÁLEZ 1997, el contenido disminuye al avanzar el ciclo vegetativo, hasta el final de la estación, lo cual demuestra la distribución hacia las estructuras permanentes y así recomponer el stock de reserva.

Conrradie, 1990 citado por GONZÁLEZ 1997 destaca la importancia de las raíces en el aporte de N, particularmente en la floración.

La renovación anual del N, es del 80%, debido a la remoción efectuada con la cosecha, la poda y la caída de hojas. (CHAMPAGNOL 1984).

Respecto a la forma de almacenamiento del N, es fundamentalmente como proteínas insolubles (Conrradie 1990 citado por GONZÁLEZ 1997).

El aporte de N es a partir de la proteólisis que ocurre en las hojas durante el otoño y posterior movilización a los tejidos de almacenamiento.

La arginina sería el compuesto más eficiente de almacenamiento, debido a su estructura molecular, ya que contiene 4 átomos de nitrógeno con 6 carbonos.

Sin embargo, Conrradie citado por GONZÁLEZ 1997 determino que las reservas en la variedad Chenin blanc se encontraban principalmente bajo forma insoluble (proteínas) y el nitrógeno soluble (aminoácidos) tendría menor importancia. Sin embargo, este autor considera necesario realizar más estudios para clarificar mas el tema.

Según GLAD et al 1994 la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, limita la movilización de las reservas, especialmente las acumuladas en otoño.

En la primavera, las reservas constituidas fundamentalmente por carbohidratos, nitrógeno y otros nutrientes, son movilizadas para sustentar el nuevo crecimiento (Miller y Millard citados por GONZALEZ 1997 lo que concuerda con CHAMPAGNOL 1984).

#### **2.4. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL VIÑEDO RESPECTO AL N**

Según ZAMALVIDE 1992, el N es el elemento más importante en la vid, para determinar tanto la producción como la calidad del producto a obtener. Es importante realizar aportes de N en caso de déficit para lograr un correcto desarrollo, que sustente una producción adecuada. En cambio, un exceso de N, produce alta producción de follaje, disminuyendo la producción y además bajando el nivel de azúcares. Esto último está de acuerdo con TARDAGUILA et al 1993, que sostiene que el N no solo interviene modificando las características productivas, sino que también las cualitativas (contenido de azúcares, acidez, pH, coloración, etc.). El contenido de azúcares de las bayas es utilizado como indicador de calidad. (PEYNAUD 1977 y CHAMPAGNOL 1984).

La calidad hay que asociarla a las relaciones que existen entre el N-vigor y N-rendimiento. (CHOUHY 1994).

Evaluando la relación que existe N-vigor con la calidad, CHAMPAGNOL 1984 establece que un incremento del vigor dado por un aumento en la fertilización, hace que la velocidad de crecimiento sea mayor, que se incremente el follaje, que exista mayor sombreado entre las hojas y la detención del crecimiento se retarde. En este último caso, según Fregoni citado por CHOUHY 1994, un mayor vigor, por exceso de N, el crecimiento continúa por más tiempo que el necesario y se ve disminuido el suministro de azúcares a las bayas. Además, una mayor cantidad de frutos hace que la competencia entre estos disminuya aun más el contenido de azúcares.

Para WINKLER 1974, un exceso de N hace que al aumentar el vigor vegetativo, los carbohidratos se traslocan más hacia los brotes. Fregoni citado por CHOUHY 1994 establece que un vigor elevado hace que el follaje compita con los frutos por carbohidratos. A su vez CHRISTENSEN et al 1994 encuentra que al aumentar las dosis de N, baja el contenido de sólidos solubles.

Evaluando la relación N-rendimiento con la calidad, Singh y Nijjar citados por EGUREN et al 1987, constatan que los tratamientos que dan los menores rendimientos (en sus ensayos con distintas dosis de N) producen los frutos con mayores niveles de azúcares.

Según ZAMALVIDE 1996 (36) para una variedad fina, el aporte de N debe ser menor que para otros objetivos de producción. Las dosis de N en caso de aportarlo al suelo deben de estar ajustadas de tal modo que el rendimiento este en el entorno de los 10000 a 15000 Kg./Ha. En los casos de suelos con alto suministro de este nutriente, no es recomendable realizar fertilizaciones, para así obtener un producto de calidad.

Según JEAN BELL 1999, en sus ensayos de diferentes dosis de N en Cabernet Sauvignon, el mayor rendimiento se obtiene con el agregado de niveles medios de este nutriente (100 grN/pl.).

El contenido de *compuestos fenolicos*, es otro componente de calidad que es afectado por el nivel de N. Según CHAMPAGNOL 1984 estos compuestos son favorecidos en su síntesis por un aporte bajo de N. Así un suministro alto, hace que el metabolismo de la planta se dirija con mayor intensidad hacia la elaboración de pectinas y proteínas. Al ser moderada la cantidad de N que la planta absorbe, el metabolismo se dirige menos hacia una proteosíntesis y se ve favorecida la síntesis de polifenoles.

Kliewer citado por CHAMPAGNOL 1984 determina que al aumentar la dosis de N, disminuye la cantidad de antocianos (compuestos responsables de la coloración de los vinos) y aumenta la de aminoácidos.

Para Morris, Spayd y Cawton citados por CHOUHY 1994 el incremento de la dosis en N determina que se incrementen los rendimientos y que la coloración sea menor al igual que los sólidos solubles. Esto esta de acuerdo con CHAMPAGNOL 1984 que observo que el aumento de las dosis de N, trae como consecuencia una disminución de los antocianos, sintetizándose mas aminoácidos.

Según REYNIER 1989, un alto rendimiento por excesivas dosis de N provoca una baja acumulación de compuestos fenolicos. También KELLER et al 1998 observó que altas dosis de N causan una disminución en el contenido polifenoles, lo que esta de acuerdo con SPAYD et al 1994.

En cuanto a los *ácidos*, las cantidades altas en el suministro de N modifican al producto a obtener. CHRISTENSEN et al 1984 encontraron que al aumentar el aporte de N, se incrementa la acidez titulable. Esto esta de acuerdo con SPAYD et al 1994, que constataron que la acidez y el ácido málico aumentan de forma paralela con el incremento en los aportes de N.

REYNIER 1989, establece que el aumento de vigor en la vid entre otras causas por el incremento en los aportes de N, conduce a una mayor síntesis de ácidos orgánicos en el período de crecimiento y reduce las posibilidades de degradación en el curso de la maduración. Esto es concordante con los resultados de los ensayos de Jean Bell et al citados por CHOUHY 1994, en que encuentran una acidez de los frutos incrementada al

aumentar la disponibilidad de N; y explica esto por el aumento del vigor y de la superficie foliar que hacen que se trasloquen más ácidos a los frutos, concluyendo así que el incremento de N aumenta los ácidos totales.

Según SPAYD et al 1994 el *pH* también aumenta al incrementarse la nutrición nitrogenada. Lo que marcaría una contradicción, pues al aumentar la acidez, debería de disminuir el pH. Pero según CHAMPAGNOL 1984, al incrementarse el suministro de N, aumenta más la elaboración de ácido málico que la de tartárico; el ácido málico transfiere 35 % de sus hidrogeniones a la solución mientras que el tartárico el 50 %. Así el incremento de N, produce que la relación málico/tartárico se incremente, siendo mayor el aporte de  $H^+$  por parte del ácido málico (el ácido málico y el tartárico son los que más produce la viña).

CHAMPAGNOL 1984, citando a Zelleke y Kliever, establece una modificación del equilibrio hormonal que explica las modificaciones antes mencionadas. Se eleva el tenor en citoquininas en la savia por el aumento de la fertilización nitrogenada. También establece citando a Scienza y Doring que baja el tenor de ácido absísico al incrementarse la nutrición nitrogenada.

Esto demuestra el retardo de la detención del crecimiento vegetativo y el retraso de la caída de hojas. Es importante la detención del crecimiento para que exista un aporte adecuado de azúcares a las bayas.

## 2.5. EFECTO DEL N EN LA PRODUCCIÓN DE MADERA

Como fuera mencionado por ZAMALVIDE 1992, las altas dosis de N en la vid llevan a la producción de un excesivo follaje.

Para REYNIER 1989, el agregado de altas dosis de N produce abundante follaje, incrementa el peso de la madera y el peso de la poda.

Cuando se aplica N al viñedo, la reacción más notable es el aumento del vigor de las plantas, lo que se manifiesta en una prolongación del estado juvenil caracterizado por un equilibrio hormonal favorable al crecimiento (EGUREN et al 1987). Lo anterior está de acuerdo con CHAMPAGNOL 1984, que establece que a dosis crecientes de N el peso de poda se incrementa más que la producción y así el índice de Ravaz baja más de lo deseable.

Según EGUREN et al 1987, la poda y la nutrición nitrogenada son prácticas muy importantes, dado que influyen sobre el vigor. Un aumento en la fertilización se traduce en un mayor vigor que determina un incremento en el crecimiento de las ramas y así se incrementa el número de yemas.

Para CHAMPAGNOL 1984 según resultados de ensayos realizados en Montpellier el nitrógeno aplicado solo o con el riego provoca un incremento del peso de poda, un aporte alto de N provoca una modificación en el balance hormonal. Las citoquininas promueven el crecimiento vegetativo, que se ven incrementadas por una alta fertilización nitrogenada. Y el nivel de ácido absísico se encuentra en baja cantidad como para tener un crecimiento vegetativo moderado. También JEAN BELL et al 1999 observo que al incrementar la dosis de N también lo hace el peso de poda. Algo similar concluye EGUREN et al 1987.

Fregoni citado por CHOUHY 1994, le da al N una influencia fundamental en la regulación del vigor, observando como la poda, la cepa, el porta-injerto tienen influencia. Cuando hay carencia de N el vigor es bajo, cuando esta en la justa dosis el vigor es medio y si esta disponible en exceso el vigor es elevado. Esto último significa vegetación con crecimiento mas veloz que el normal, y que continua mas tiempo que el necesario, ya que la vid tiene que detener su crecimiento en una fecha adecuada para el abastecimiento correcto de los frutos y para que no haya competencia entre crecimiento vegetativo y acumulación de azúcares.

## 2.6. ANÁLISIS FOLIAR EN LA VID

Según CHAMPAGNOL 1984, el uso del análisis foliar comienza con los trabajos de Lagatu y Maume en 1929. Desde ese momento numerosos autores han trabajado en el análisis foliar y se usa complementariamente al análisis de suelo como rutina para realizar las recomendaciones de fertilización.

El *análisis foliar* esta basado en la función de asimilación de las hojas como el laboratorio central de la nutrición. La concentración de un elemento en la planta o una de sus partes es un valor que integra todos los factores que han afectado su crecimiento siendo los principales: suelo, clima, tiempo, la propia planta, manejo y disponibilidad del nutriente. Ofrece el único medio de aplicación de los resultados de experimentos en condiciones controladas directamente a trabajos de campo, puesto que en la interpretación del status nutricional sobre la base de la composición de la hoja, no interesan los medios por los cuales se obtuvo esta, sino solamente el efecto de los cambios químicos de la hoja sobre el crecimiento. (Lundegardh citado por CASSANELO 1975). Además ayuda a identificar situaciones de deficiencia y carencia de nutrientes, aún antes de que aparezcan los síntomas en la planta.

También ayuda a determinar el efecto de tratamientos fertilizantes y el aporte de nutrientes, tanto como para el estudio de la relación entre el estado nutritivo de la planta y el rendimiento. Sirve además de herramienta que complementa el análisis de suelo y nos da orientación clara de si la alimentación de las cepas es correcta o no, ya que el

análisis de suelo no contempla situaciones como el clima, profundidad radical, densidad radical, etc. (CHAMPAGNOL 1984, (38) y (39)).

### **2.6.1. Momento fisiológico del muestreo y tejido utilizado**

Según PAREJO 1995, hay dos posibilidades de cuando realizar el muestreo del análisis foliar y dependen del objetivo del análisis:

- Si queremos saber el estado nutritivo de las cepas, conviene tener unos valores obtenidos de una época muy concreta, ya que el contenido de nutriente varía mucho durante el periodo vegetativo; por lo que se establece como período óptimo lo más cercano posible a plena floración.
- Si tenemos una falta de nutriente y lo queremos identificar, se saca una muestra en cualquier momento del ciclo vegetativo, pero hay que llevar dos muestras de la misma variedad y parcela, una sin carencia y otra con carencia.

Para Pérez Havey 1990, Silva et al (1984a) citado por GONZALES 1997, PAREJO 1995 lo que concuerda con CHAMPAGNOL 1984 y CASSANELLO 1975; el método más utilizado es el *análisis de peciolo* opuesto al racimo basal del pámpano durante la floración por que muestra mayor sensibilidad nutricional ante los factores del suelo, clima, manejo y nivel de producción, ya que el contenido de nutriente varía dentro de la planta y es preciso tener un criterio para compararlos. Pero no siempre debe prevalecer sobre el uso del limbo, este a pesar de ser menos sensible es más confiable.

Según CHRISTENSEN 1984, el peciolo de la hoja es el mejor tejido para medir el contenido de  $N-NO_3^-$ .

PAREJO 1995, midió en la variedad Cabernet Sauvignon el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en 5 estados fenológicos (floración, cuajado, envero, madurez y caída de hoja); y encontró una fluctuación significativa de los nutrientes, entre años y en las distintas fases del ciclo de crecimiento.

De acuerdo a Levy y Comhaji citado por CASSANELLO 1975 para el nitrógeno las mejores épocas de muestreo son el cuajado y el envero.

CASSANELLO 1975 no descarta la posibilidad de analizar las hojas en el período comprendido entre el cuajado y envero (enero) ya que la concentración de  $N-NO_3^-$  en el peciolo o de N en la lamina permanece cte.; y por ello no se cometen errores por adelanto o atraso de la colección del muestreo.

Por otro lado Hernando y Mendiola citado por CASSANELLO 1975 consideran el cuajado como la época de muestreo mas conveniente para relacionar los datos analíticos y los rendimientos, ya que según sus estudios da una mayor dispersión de dichos valores, lo que permite una mejor clasificación de los mismos.

### **2.6.2. Parámetros que expresan el nivel nutricional**

CHRISTENSEN 1984 demostró que existen diferencias en eficiencia de asimilación entre variedades, que el nivel de nitratos es mas sensible que nitrógeno total, que en floración se da el pico de nitratos que después baja (por dilución etc.) y que el N total siempre baja.

Estudiando la correlación entre dosis de fertilizante aplicado y estado del nitrógeno en la vid, utilizando como parámetros el nivel de  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$  y  $N$  total (la suma de ambos) CHRISTENSEN et al 1994 demostraron que al aumentar el nitrógeno aplicado aumentaba el nitrógeno total; que el  $N-NO_3^-$  es más sensible a los tratamientos; que el N total presenta una correlación alta con el  $N-NO_3^-$  o sea que el aumento del N total esta mas determinado por el aumento del  $N-NO_3^-$  que el aumento del  $N-NH_4^+$ .

Respecto a la mayor sensibilidad del  $N-NO_3^-$  contra el N total numerosos autores lo constataron, entre ellos CHAMPAGNOL 1984.

Según Ulrich 1942 citado por CASSANELLO 1975, indica que el nitrato en peciolo es un buen indicador del status de nitrógeno en vides, mejor que en láminas, puesto que mientras el N total del peciolo incremento desde 1,09 % a principios de floración hasta 1,49 % en la madurez con tratamiento con nitrógeno, el nitrato fue de 10 veces mas (desde 0,0013 a 0,137 %).

Cook y Kishaba citado por CASSANELLO 1975 confirmaron lo expresado por Ulrich y encontraron también una diferencia entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas mucho mayor en el contenido de nitrato que en el nitrógeno total.

Havelka 1964, Dintschefff et al 1964 y Muthukrishman et al, citados por CASSANELLO 1975, todos ellos opinaron que el nitrato es la forma más funcional en vides para investigar el status de nitrógeno.

Según constataron Cook y Kishaba citados por CASSANELLO 1975, el contenido de nitrato aumenta rápidamente antes de la floración alcanzando el máximo al final de la misma, luego disminuye rápidamente durante los siguientes 30 días siendo la respuesta a la aplicación de fertilizante mayor durante este período.

Variedades de las mismas especies difieren altamente en su contenido de nitrato aún cuando son plantadas una al lado de la otra en un suelo muy uniforme. La mayor desventaja de su aplicación universal es la reacción a la lluvia o riego pues el nitrato decae rápidamente luego del riego requiriendo 10 a 15 días para ser restablecido. Debe entonces ser calibrado en ensayos de campo para variedades individuales.

Una primavera lluviosa resultaría en niveles de nitrato apenas detectables en vides recibiendo abundante aplicación de N. (Cook citado por CASSANELLO 1975).

Shaulis y Kimbal citados por CASSANELLO 1975 indican que el contenido de nitrógeno total en las laminas es dos veces mayor que el de los pecíolos y que las hojas basales exhiben tenores menores de nitrógeno que las mas jóvenes.

Actualmente se usa N total en lamina y nitrato en pecíolos en la mayoría de los ensayos. CASSANELLO 1975.

Fregoni citado por CASSANELLO 1975, en sus viajes de estudios a las zonas vitícolas de USA, anoto que la cantidad de nitrógeno a suministrar es controlada a través del contenido de *arginina* del mosto. Los aminoácidos en general y en particular la arginina, resultan en realidad positivamente correlacionados al contenido de nitratos del pecíolo y de la solución artificial en maceta con sustrato inerte concluye que el análisis de la arginina en el mosto es bastante fácil y por lo tanto puede ser usado como indicador del estado de la nutrición nitrogenada de la vid.

### **2.6.3. Niveles críticos de N**

Ulrich 1948 citado por CASSANELLO 1975, definió el nivel critico de nutrientes como el rango de concentraciones en el cual el crecimiento de la planta es restringido comparado con el de aquellas plantas recibiendo altos niveles de nutrientes. Mientras las concentraciones de nutrientes esta por encima del nivel critico, las plantas tienen rendimientos similares y composición ampliamente diferentes; pero cuando uno o mas nutrientes se acercan al nivel critico es decir se vuelve limitante, cualquier cambio en el balance de nutrientes afectara el crecimiento de la planta.

Según Malavolta et al citado por CASSANELLO 1975, definen al nivel critico como la faja de tenores de un elemento en la hoja por debajo del cual, la producción es limitada y por encima del cual el uso de fertilizantes no se justifica.

Emmert citado por CASSANELLO 1975, opina que el nivel critico por si solo no es suficiente puesto que los requerimientos varían considerablemente durante el ciclo de crecimiento. Este valor es una función de la textura del suelo, humedad, otros nutrientes, temperatura, practicas culturales, etc. Andrew también citado por CASSANELLO 1975

expresa que los niveles críticos de los nutrientes solo pueden aplicarse en las estrictas condiciones de muestreo de la planta (parte de planta, estadio de crecimiento, factores ambientales, etc.). Smith 1962 citado por CASSANELLO 1975, afirma que la interpretación inteligente del análisis foliar requiere de un vasto conocimiento de todos los factores involucrados en el crecimiento de las plantas y que si un elemento es deficiente por análisis foliar, el remedio debe ser simple y directo o puede involucrar varias etapas indirectas.

ROUBELAKIS et al 1992, en el análisis de  $N-NO_3^-$  en pecíolos en el estado de floración diferencio 3 rangos:

- menor a 350 ppm deficiencia
- 500-2000 ppm suficiencia
- mas de 3000 ppm exceso

Según Silva et al 1984b citado por GONZALES 1997, en el cv Thompson Sedles, la concentración normal de  $N-NO_3^-$  medida en pecíolo esta entre 600 y 1200 ppm.

Para CHAMPAGNOL 1984, Bertoni et al 1994 citado por GONZALES 1997 y ROUBELAKIS et al 1992, el nivel normal para N total esta comprendido entre 1,5 y 2,5 % medido en el limbo de hojas adultas.

Loué et al 1984 citado por CHOUHY 1994, divide al estado nutricional de la vid en 3 rangos, para tenores foliares medidos en cuajado y envero:

- 1,71-1,9 % mediocre
- 1,91-2,10 % pasable
- 2,31-2,5 % bueno

Actualmente no existe un método que por si solo sea capaz de dar una respuesta precisa a la cuestión planteada acerca de la naturaleza y cantidad de fertilizantes estrictamente necesarios para permitir a la vid alcanzar un equilibrado desarrollo productivo y vegetativo. Los métodos (químicos, bioquímicos, fisiológicos, somáticos y económicos-vitícolas) propuestos por otro lado, para establecer las susodichas necesidades nutritivas son todos mas o menos insuficientes cuando son considerados aisladamente pero el uso combinado y apropiado entre ellos puede permitir alcanzar una formula de fertilización lo suficientemente correcta. (CASSANELLO 1975).

## 2.7. FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Según ZAMALVIDE 1992, (35) y (36) el nitrógeno es sin duda el nutriente que más determina el comportamiento de la planta. Es el nutriente que más influye en el rendimiento y calidad de la cosecha. Por un lado la planta necesita un buen suministro de nitrógeno para desarrollar el área foliar asociado a un buen rendimiento, si no es suficiente el rendimiento se reducirá. Por otro lado si el suministro es excesivo y especialmente si los excesos se manifiestan en etapas tardías una menor proporción de los productos de la fotosíntesis formaran azúcares, por lo cual bajaría la calidad de la cosecha.

Los distintos suelos pueden ser capaces de aportar cantidades muy diferentes de nitrógeno de acuerdo al tipo de suelo que se trate y a los antecedentes de manejo y clima.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los viñedos del Uruguay están instalados en suelos con antiguo uso agrícola, con bajo % de materia orgánica y esta es muy estable y con baja tasa de mineralización, el nitrógeno es potencialmente deficiente en la mayoría de las situaciones, por lo cual la fertilización nitrogenada es una práctica común entre los viticultores. (ZAMALVIDE 1992, (35) y (36)). Existen algunas situaciones especiales en las cuales el aporte de nitrógeno de los suelos es muy alto. Estos pueden darse en viñedos instalados roturando campos naturales o chacras con poco uso o cuando se le ha agregado recientemente abonos orgánicos al suelo. Estas situaciones de alto suministro de N no son deseables para obtener una cosecha de alta calidad; por lo que no debe utilizarse fertilizantes nitrogenados. ((35) y (36)).

### 2.7.1. Diferentes fuentes

Los fertilizantes nitrogenados se clasifican según su origen en orgánicos e inorgánicos. Dentro de los inorgánicos se pueden diferenciar tres tipos de fuentes:

- Fuentes amoniacales
- Fuentes nítricas
- Fuentes mixtas

### 2.7.1.1. Fuentes Orgánicas

Las fuentes orgánicas de nitrógeno fueron muy empleadas antes del desarrollo y utilización de los fertilizantes sintéticos. Actualmente son la base de la agricultura llamada orgánica.

En general los contenidos de nitrógeno en las fuentes orgánicas son del orden del 1-3 %, por lo cual para agregar cantidades significativas de nitrógeno es necesario utilizar altas dosis del material. La mayoría del nitrógeno de estos materiales no es soluble en agua, por lo que este N se va liberando a medida que se va mineralizando, sin embargo esta liberación no siempre ocurre lentamente.

En algunos materiales si se dan las condiciones de temperatura y humedad adecuadas, gran parte del nitrógeno orgánico es convertido en  $\text{N-NO}_3^-$  en las primeras 2-4 semanas de aplicado. Por lo que debería de tenerse en cuenta para determinar la cantidad y el momento de aplicación de la fuente orgánica.

Según CHAMPAGNOL 1984 el nitrógeno de la materia orgánica puede asegurar la nutrición de las plantas.

### 2.7.1.2. Fuentes Amoniacales

En Uruguay las fuentes mas utilizadas son las amoniacales, representando en un 95 % por urea y fosfato de amonio, con un amplio predominio de la urea. (PERDOMO et al 1999).

La **urea** es un fertilizante de origen sintético, su formula es  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  y contiene 46% de nitrógeno.

Al ser incorporada al suelo sufre un proceso de hidrólisis formando carbonato de amonio. 1)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$ . Esta reacción es catalizada por la enzima ureasa, una enzima que abunda en el suelo.

La molécula de carbonato de amonio es inestable y se descompone rápidamente en el suelo de acuerdo a la siguiente reacción: 2)  $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{OH}^-$ .

Si existe suficiente humedad en el suelo estas 2 reacciones ocurren rápidamente; por lo que generalmente se considera a la urea como un fertilizante amoniacal.

A diferencia de otros fertilizantes nitrogenados, el nitrógeno de la urea tiene mas probabilidades de perderse por volatilización. Como se muestra en la reacción 2 cualquiera sea el pH del suelo, en la zona de disolución de la urea el pH es siempre alcalino; lo que favorece las perdidas por  $\text{NH}_3$ .

Estas pérdidas pueden existir solamente cuando la urea se aplica en superficie, ya que unos pocos centímetros de suelo sobre el fertilizante son suficientes para retener el  $\text{NH}_3$ . Por lo que la mejor estrategia para reducir las pérdidas de urea es incorporarla al suelo. (PERDOMO et al 1999, GOULD et al 1986 y CHAMPAGNOL 1984).

Si se aplica urea al suelo superficialmente lo ideal sería aplicarla en condiciones de baja evapotranspiración (días nublados, alta humedad relativa, etc.) o en días con alta probabilidad de lluvia.

Sin embargo en la mayoría de las situaciones estas pérdidas no son muy importantes, y si se siguen ciertas normas básicas de manejo, normalmente la mayoría del nitrógeno de la urea se transforma rápidamente en  $\text{NH}_4^+$ , el cual es retenido por los coloides del suelo. (PERDOMO et al 1999).

Las fuentes amoniacales generan acidez en el suelo ya que al nitrificarse liberan  $\text{H}^+$ . Por cada molécula de  $\text{NH}_4^+$  que se transforma en  $\text{NO}_3^-$  se produce 2  $\text{H}^+$ . Para neutralizar 28 kg/ha de nitrógeno agregado como urea tendríamos que agregar 100 kg/ha de  $\text{CaCO}_3$ , por lo que el residuo ácido máximo (equivalente a  $\text{CaCO}_3$ ) sería 100/28 o aproximadamente 3,6.

Para calcular el valor mínimo se asume que la urea se absorbe toda como  $\text{NH}_4^+$ , es decir no se produce nitrificación; en este caso el residuo ácido es 0. El valor oficial de 1,8 es el promedio entre el valor máximo y el valor mínimo. (TISDALE et al 1977).

### 2.7.1.3.Fuentes Nítricas

Las fuentes nítricas se usan para situaciones específicas, donde la intensidad de la producción y la rentabilidad del producto es muy alta.

Una ventaja de las fuentes nítricas es que no son fuentes de acidez, por el contrario debido a que el  $\text{N-NO}_3^-$  generalmente se absorbe más rápido que el cation acompañante (Na, K, Ca) estas fuentes tienen efecto alcalinizante. (CHAMPAGNOL 1984 lo que concuerda con PERDOMO et al 1999).

Una de las problemáticas del uso de fuentes nítricas es el alto costo y el aumento de pérdidas por lixiviación.

#### 2.7.1.4.Fuentes Mixtas

El uso de fuentes mixtas nítricas y amoniacaes como el *nitrato de amonio* ( $\text{NO}_3\text{NH}_4$ ) podría ser ventajoso cuando se aplica nitrógeno en cobertura. (PERDOMO et al 1999).

El nitrato de amonio tiene aproximadamente 33-34 % de nitrógeno del cual la mitad esta en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal.

Es de alta solubilidad y pureza. Se presenta en forma sólida, por lo cual debe disolverse previamente produciendo soluciones base. Es altamente higroscópico, por lo cual se recomienda no almacenarlo por mucho tiempo.

Luego de aplicado al suelo esta propenso a perdidas por lavado o desnitrificación.

El  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  suele ser un componente básico en los programas de fertirriego en producciones intensivas.

Para PERDOMO et al 1999 el hecho de que la mitad de nitrógeno del nitrato de amonio este en forma de  $\text{NO}_3^-$  tendría al menos teóricamente algunas ventajas con respecto a aplicar urea en cobertura. Uno de estas ventajas es que el  $\text{NO}_3^-$  no se pierde por volatilización, además la absorción de nitrógeno sería más rápida ya que no es necesario esperar que la urea pase a formas minerales.

Si existen condiciones de baja luz sería preferible que parte del nitrógeno fuera absorbido como  $\text{NO}_3^-$  y no como  $\text{NH}_4^+$ .

En nuestro país las evaluaciones realizadas hasta el momento por la cátedra de fertilidad de suelos en cebada, maíz y trigo no muestran diferencias importantes entre la urea y el  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ . Cuando estas existen y son favorables al nitrato de amonio, la diferencia observada en rendimiento no paga la diferencia de precio entre los dos fertilizantes (el  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  es 1,5 veces mas caro que la urea por kg de N). (PERDOMO et al 1999).

El nitrato de amonio tiene residuos ácidos máximos y mínimos iguales a los de la urea.

### **2.7.2. Dosis de nitrógeno**

Según ZAMALVIDE 1996(36), la dosis de fertilización adecuada será aquella que complemente el aporte natural del suelo para alcanzar la demanda del cultivo asociado a los objetivos de rendimiento y calidad.

La *cantidad extraída* de N por año y por hectárea es de 100 kg para obtener un rendimiento de 13000 kg en la variedad Riesling. (Gastel citado por CHOUHY 1994).

Para Schrader 1973 citado por EGUREN et al 1987 un viñedo con una producción de 10000 kg/ha/año de uva, la *extracción* de nitrógeno es de 60-80 kgN/ha/año.

Meingel et al 1979 citado por CHOUHY 1994 cita para la viña 110 kgN/ha/año *extraídos* para obtener un rendimiento medio. En cambio CHAMPAGNOL 1984 cita 40-70 kgN/ha/año absorbidos.

Para Bonfils 1977 citado por EGUREN et al 1987 las *exportaciones* de nitrógeno por la cosecha para una viña de planicie en Francia produciendo 120 hl/ha son de 90 kgN/ha/año.

Lagatu 1922 citado por EGUREN et al 1987 indica que los kg de nitrógeno *exportados* en un año por un viñedo en plena producción son de 161,6 kg/ha.

Para el ajuste de la dosis correcta a aplicar, diversos investigadores utilizaron como punto de referencia las cantidades de N extraídas y exportadas por la viña considerando a su vez el suministro del suelo.

La dosis de N a agregar depende de los niveles de rendimiento que se espera obtener y de los objetivos de calidad. Los objetivos de rendimiento dependen de la variedad (ej. Para Moscatel de Hamburgo se puede prever 30 ton/ha y para una variedad denominada fina como Tanat o Cabernet Sauvignon de 10-15 ton/ha).

En viñedos con altos rendimiento los niveles de nitrógeno a aplicar serán mas altos, pero en relación a calidad las dosis de nitrógeno serán bajas. (ZAMALVIDE 1996 (36)).

De acuerdo a los resultados obtenidos en ensayos realizados en el país las *dosis medias* recomendadas para viñedos de buen potencial de rendimiento son de 40-60 kg de N/ha/año. (ZAMALVIDE 1992).

Según ZAMALVIDE 1996 (36) la dosis media recomendada para situaciones de chacras viejas con objetivos de rendimiento de 20 ton/ha/año, es de 50 kgN/ha/año.

JEAN BELL et al 1999 realizaron ensayos en Australia con un viñedo de 12 años de la variedad Cabernet Sauvignon con un bajo nivel de nitrógeno. Las fertilizo con 5 rangos (0, 50, 100, 200 y 400 gr N/pl) aplicando 2/3 en brotación y 1/3 2 semanas después de floración.

Con la dosis de 100 grN/planta obtuvieron: el máximo nivel de nitrato en peciolo medido en floración, el máximo crecimiento vegetativo (largo brote, peso poda y área foliar), máxima densidad de canopia y los máximos rendimientos.

Según Delas 1993 citado por GONZALES 1997, en los viñedos de Bordelais (Francia) el máximo de nitrógeno recomendado a aplicar por hectárea y por año es de 30 unidades.

Conradie et al 1989 citado GONZALES 1997, experimentaron durante 11 años la aplicación de 16, 56 y 96 unidades de N/año/ha en la variedad Chenin Blanc sobre un suelo franco con 1,1 % de materia orgánica; y determinaron que se necesitan 40 unidades de N/ha/año para obtener un rendimiento de 13000 kg/ha.

Según SPAID et al 1994, SPAID et al 1995 y CHRISTENSEN et al 1994, una dosis de 56 kg de N/ha se obtienen altos rendimientos con baja pudrición de racimos. Obteniéndose el máximo equilibrio entre rendimiento y calidad del vino (acidez, fenoles, etc.). GONZALES 1997 fertilizando con 3 rangos (0, 50 y 100 kgN/ha/año), con urea aplicándolo en primavera, obtuvo los máximos rendimientos con 50 kgN/ha/año, no bajando considerablemente el alcohol probable. Asegurándose además una completa fermentación en el proceso de elaboración del vino.

Williams 1987 citado por GONZALES 1997, trabajando con la variedad Thompson Seedless en el valle de California determino que era necesario 84 kg N/ha/año para cubrir los requerimientos de las plantas durante el ciclo de crecimiento.

KÉLLER et al 1998 fertilizo con nitrato de amonio en tres rangos 0,34; 1,7; y 3,4 gramos de N por planta obteniéndose los máximos fenoles totales con la dosis mas bajas.

OUGH et al 1989 obtuvo alta calidad respecto a aroma y pigmentos con una dosis de 112 kgN/ha .

Según WINKLER 1974, en suelos delgados sujetos a una extrema lixiviación dosis de 45-80 kgN/ha/año pueden aumentar provechosamente los rendimientos.

### **2.7.3. Formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados**

Las formas de aplicación de un fertilizante comprende dos aspectos. En primer lugar la forma de aplicación propiamente dicha y segundo el momento de aplicación.(35).

El objetivo que se persigue al estudiar el problema de la ubicación del fertilizante es obtener el máximo rendimiento con la menor dosis posible. Se pretende lograr la máxima eficiencia de un fertilizante para una situación dada.(35).

Las formas de *aplicación de fertilizantes sólidos* podemos dividir las en dos grandes grupos al voleo y localizado. Por aplicación al voleo se entiende a la aplicación del fertilizante a toda el área que va a ocupar el cultivo, esta puede hacerse en superficie (en cobertura), enterrarse con rastra u otro implemento.

La aplicación localizada consiste en aplicar el fertilizante en una zona limitada de suelo que será interceptada por las raíces. La forma clásica de aplicación localizada de fertilizantes sólidos es en una o dos bandas al costado o por debajo de la hilera del cultivo.(35).

En la aplicación localizada existe una compensación en la absorción del nitrógeno. La capacidad de absorción de la raíz en la zona de aplicación del fertilizante aumenta cuando este se aplica localizado. (35).

Además la localización en profundidad permite disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización cuando se utilizan fertilizantes amoniacales. (CHAMPAGNOL 1984).

Hay varios factores que determinan la eficiencia relativa de una u otra forma de aplicación, las más importantes serían: dosis, tipo de nutriente, fuente, tipo de suelo, naturaleza del cultivo, interacciones en la banda, nivel inicial y localización de la banda. En investigaciones tendientes a relacionar forma con dosis de aplicación, se demuestra que en general a bajas dosis es más eficiente la aplicación localizada que al voleo. Si se conocen los hábitos radiculares durante el periodo del crecimiento rápido, sería posible determinar el momento óptimo para la aplicación del fertilizante. Para el caso del nitrógeno estos conceptos son muy relativos por su alta movilidad. (35).

Según Fernández 1974 citado por EGUREN et al 1987, la planta debe de disponer de los abonos en el momento de las mas elevadas necesidades. Para ellos deben ser aportadas previamente; para el nitrógeno de 10-15 días si se aplica en forma nítrica, y un mes antes si se aplica en forma amoniacal.

Para Jacob 1942 citado por WINKLER 1974, diversas pruebas en gran escala han indicado que la forma o tipo de nitrógeno que se aplica no tiene una diferencia significativa, en lo que refiere a su efecto sobre las vides; en consecuencia se aplica la forma mas económica salvo algunas excepciones.

Bajo forma de nitrato el nitrógeno puede lixiviarse excesivamente en zonas con altas lluvias y la mejor forma o solución para estas zonas es el uso de nitrato de amonio o de la urea, ya que aseguran un menor movimiento en el perfil del suelo evitándose así la excesiva lixiviación. (WINKLER 1974).

En un experimento de campo llevado a cabo en un suelo franco arenoso (pH 5,5) Jackson y Burton 1962 citado por BLACK 1975 encontraron que los rendimientos de pasto bermuda (*Cynodon Dactylon*) obtenidos de la aplicación de 224 kgN/ha eran de 15,2 y 16,5 toneladas métricas por hectárea cuando la urea se aplico en superficie y a una profundidad de 15 cm respectivamente, y de 17,9 y 16,3 toneladas métricas cuando se aplica nitrato de amonio de igual modo.

Según BLACK 1975 estos resultados reiteran la ineficiencia comparativa de la urea cuando se aplica en la superficie del suelo. En condiciones favorables se podría perder la mitad de nitrógeno del  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  por volatilización pero el nitrato de amonio no alcaliniza la zona cercana al fertilizante de la manera que lo hace la urea.

Según ZAMALVIDE 1996 (36) la practica de *fertiriego* permite ajustar permanentemente la nutrición de la planta. Una de las ventajas del sistema es poder responder rápidamente y con eficiencia ante deficiencias o excesos de nutrientes.

En cualquier programa de fertiriego debe de considerarse una evaluación permanente del cultivo para ajustar la fertilización a la sintomatología o eventualmente a datos de análisis de suelo, de la solución del mismo o de las plantas.

Situaciones difíciles de resolver en sistemas convencionales, como la existencia de condiciones de inmovilización de nitrógeno en el suelo, no provoca mayores problemas con fertiriego por la posibilidad de agregados frecuentes con poca interacción con el suelo y malezas.

El sistema permite fácilmente cambiar las relaciones de nutrientes durante el ciclo, de manera de ajustarse a las necesidades del cultivo en distintas etapas fisiológicas.

Las principales consideraciones respecto a los tipos de fertilizantes a emplear tienen que ver con la solubilidad, las impurezas y las reacciones indeseables que pueden ocurrir entre los compuestos químicos de los diferentes fertilizantes y las sales que puede contener el agua.

Con un fertiriego bien manejado nunca se acumulan altas concentraciones de nutriente, en los suelos disminuye las posibilidades de perdida por lavado con los beneficios agronómicos y ambientales que esto significa.

Hay varios factores que contribuyen para que tenga importancia el uso generalizado de la *aplicación foliar*. En el caso de los micronutrientes las necesidades

totales de los cultivos pueden ser frecuentemente satisfechas con una única aplicación foliar.

En el caso de los macronutrientes (exigidos en proporciones mayores), solamente parte de las necesidades de la planta pueden ser satisfechas de esa manera; la fertilización foliar tiene entonces un carácter complementario pero no deja de ser significativo.(35).

Según CHAMPAGNOL 1984, históricamente este tipo de aplicación de fertilizante (foliar) es anterior a la aplicación de fertilizante al suelo pues en 1843 E.Gros provocó el reverdecimiento de hojas cloróticas aplicando sulfato de hierro en forma de pulverización.

El mecanismo de absorción foliar se asemeja a una difusión pasiva con vías de acceso preferentemente por los estomas. Pero también por transporte activo a través de la cutícula, por los “poros” y las membranas de moléculas e iones. (Franke 1967 citado por CHAMPAGNOL 1984).

Las hojas jóvenes permiten la absorción mas activa que las hojas viejas. (CHAMPAGNOL 1984).

Según Chamel citado por CHAMPAGNOL 1984 la absorción será mayor en las situaciones húmedas que en las secas.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo fue instalado en el año 2000 en un viñedo comercial de la variedad Cabernet Sauvignon, destinado a la producción de vino tinto de alta calidad.

El manejo general de los viñedos queda a cargo del establecimiento no realizándose fertilización ni raleo de racimos.

#### **3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO**

El ensayo se encuentra ubicado en el Establecimiento Juanico (Dpto. Canelones) en el pueblo del mismo nombre y dentro del predio el viñedo se ubica en el cuadro N° 42.

#### **3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Las plantas pertenecen a la variedad Cabernet Sauvignon injertadas sobre el portainjerto SO4. La edad de estas plantas es de 13 años (plantadas en el año 86).

El marco de plantación utilizado es de 3 x 1,25 (2667 pl/ha). En dicho viñedo las plantas se conducen en lira semiabierta con 4 “brazos”, 2 para cada lado.

Cada brazo presenta 4 pitones lo que daría un total de 16 pitones por planta.

Las plantas son podadas según el sistema Royat cuádruple (pitones a 2 yemas).

Los restos de poda son colocados en la entrefila y luego se le pasa un Ferri para picarlas y así sea más fácil su degradación.

En poscujado se realiza un desbrote de cordones y un deshoje en la zona cercana al racimo.

En el último año no se le realizó laboreo ni en la fila ni en la entrefila, pero en cambio en años anteriores hubo siembra de coberturas.

El control de malezas se lo realiza en la fila y con herbicidas, y en situaciones específicas de malezas invasoras problema, se le hace control en la entrefila.

Cabe destacar que durante el ensayo hubo un nivel de precipitaciones por encima de lo normal para la Región-País, lo cual podría verse reflejado en parte en los resultados obtenidos.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL CARACTERISTICO

El suelo pertenece a la unidad Tala-Rodríguez, formación Libertad, y es un Vertisol Ruptico Lúvico. Escala de unidades de mapeo 1:1000000 (Uruguay, MAP-DSF 1976). A continuación se describirá un perfil de suelo similar al del predio

**Cuadro N° 1:** Descripción de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

A 0-20 cm	Negro (10Y 2/1); franco limoso, bloques angulares grades, fuertes, transición abrupta.
C <sub>k</sub> 20+ cm	Pardo grisáceo a pardo grisáceo oscuro (10 YR 4,5/2); vetas de color negro (10YR 2/1), arcilloso a arcillo limoso, concreciones de calcio abundantes, pequeños, friables, reacción al HCl: fuerte.

**Cuadro N° 2:** Análisis físicos y químicos de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

HORIZONTE	ESPEJOR (cm)	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	pH (en H <sub>2</sub> O)	MATERIA ORGANICA %
A	0-20	14,7	49,7	35,6	7,6	5,89
C <sub>k</sub>	20+	13,3	37,0	49,7	8,4	1,03

**Cuadro N° 3:** Análisis químico de la fase superficial de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

HORIZONTE	ESPEJOR (cm)	Ca **	Mg **	K **	Na **	CIC (a pH 7,0)	Saturación de bases %
A	0-20	27,5	1,6	0,4	0,6	30,1	100
C <sub>k</sub>	20+	26,4	3,6	0,4	1,0	31,4	100

\*\* Meq/100 gramos de suelo

**Cuadro N° 4:** Descripción de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

0-13 cm. A	Negro (YR 2/1); franco arcillo limoso, bloques subangulares grandes a granular grueso, moderados, transición clara.
13-76 cm. Bt1	Negro (N 2/0); arcilloso, bloques subangulares grandes, fuertes, películas de arcilla, transición gradual.
76-100 cm. Bt2k	Gris muy oscuro (10 YR 3/1); arcilloso bloques subangulares grandes, fuertes, películas de arcilla, caras de deslizamiento, concreciones de calcio comunes, pequeños, friables, reacción al HCl: moderada, transición gradual.
100+ cm. C <sub>k</sub>	Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/2); arcilloso a arcillo limoso, bloques angulares grandes, fuertes, concreciones de calcio abundantes, medias, friables, reacción al HCl: fuerte.

**Cuadro N° 5:** Análisis físicos y químicos de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

HORIZONTE	ESPESOR (cm)	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	pH (en H <sub>2</sub> O)	MATERIA ORGANICA %
A	0-13	14,5	49,2	36,3	6,7	6,54
Bt1	13-76	12,1	35,3	52,6	7,7	1,30
Bt21	76-100	10,0	36,7	53,3	8,8	1,08
C <sub>k</sub>	100+	11,8	37,7	50,5	8,9	0,53

**Cuadro N° 6:** Análisis químico de la fase profunda de un suelo similar (Uruguay, MAP-DSF 1976)

HORIZONTE	ESPESOR (cm)	Ca **	Mg **	K **	Na **	CIC (a pH 7,0)	Saturación de bases %
A	0-13	22,6	4,9	0,4	1,1	31,7	91,5
Bt1	13-76	31,4	9,4	0,6	2,4	43,8	100
Bt21	76-100	19,1	8,7	0,6	5,1	33,5	100
C <sub>k</sub>	100+	16,4	8,5	0,6	5,1	30,6	100

\*\* Meq/100 gramos de suelo

Para el sitio del ensayo en particular se realizo un muestreo de suelo el 29/9/00 en el cual se hicieron 4 tomas por parcela chica en la entrefila y en la fila respectivamente.

Dentro de la entre fila se muestreo en 2 rangos de profundidades (0-20 y 20-40).

A dichas muestras se le realizo el análisis químico cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 7: Análisis químico del suelo del ensayo (año 2000)**

Muestra	pH H <sub>2</sub> O	pH KCL	% M.O	* P	** K	** Ca	** Mg	** Na
Entre Fila 0-20 cm	6.1	4.5	3.4	19	0.45	14.7	4.14	0.51
Entre Fila 20-40 cm	6.4	4.8	2.2	6	0.61	23.3	7.63	0.89
Fila	5.9	4.5	2.4	18	0.42	12.9	3.95	0.55

\* partes por millón

\*\* miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo

### 3.4. TRATAMIENTOS

El presente ensayo tiene por tratamientos las formas de aplicación, las fuentes y fertilización con nitrógeno. Los tratamientos se llevaron a cabo el 29/9/00.

#### 3.4.1. Formas de aplicación

Las formas de aplicación que se utilizaron fueron al voleo y en banda.

La aplicación al voleo fue realizada manualmente distribuyendo el fertilizante en toda la parcela lo mas uniformemente posible.

En el caso de la aplicación en banda fue realizada a 2 bandas por fila, cada banda separada de la fila aproximadamente a unos 50 cm y a una profundidad de 5 cm.

La tarea fue realizada por una maquinaria especialmente adaptada para dicho fin.

### **3.4.2. Fuentes y fertilización con N**

(en adelante se denominara “ fuentes”)

Las fuentes de nitrógeno empleadas en el ensayo son:

- Testigo no fertilizado
- Nitrato de amonio ( $\text{NO}_3\text{NH}_4$ )
- Urea

La cantidad de nitrógeno que se utilizo por hectárea para dicha fertilización es de 50 unidades. Lo que significa en nitrato de amonio 151,5 kg/ha y en urea 108,7 kg/ha. Por planta significa 57 gramos de nitrato de amonio y 40 gramos de urea.

### **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño es en bloques completos al azar, con parcelas divididas con 4 repeticiones.

El bloque esta formado por 2 parcelas grandes donde se realizaron los tratamientos voleo y banda; y cada parcela grande esta dividida en 3 parcelas chicas donde se realizo los tratamientos: testigo, urea y nitrato de amonio.

Por cada parcela chica son 3 entrefilas y se evalúan las 2 filas centrales con 14 plantas.

La disposición de las parcelas se muestran a continuación.

Figura N° 2: Disposición de las parcelas y los bloques

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
6-BT	12-VN	18-BT	24-VN
5-BN	11-VU	17-BU	23-VU
4-BU	10-VT	16-BN	22-VT
3-VU	9-BN	15-VT	21-BN
2-VT	8-BU	14-VU	20-BT
1-VN	7-BT	13-VN	19-BU

T: testigo sin fertilizar V: voleo B: banda U: urea N: nitrato de amonio

### **3.6. VARIABLES EVALUADAS**

Las variables evaluadas expresan el nivel de producción y la calidad de la cosecha (rendimiento, alcohol probable, acidez total y pH).

Por otro lado se evalúa el nivel de nitrógeno foliar (N total en hoja y nitratos en pecíolo). Además se evalúa la producción de madera expresado como peso de poda.

#### **3.6.1. Rendimiento**

La cosecha fue realizada el 26/3/01 cosechándose las 14 plantas (de las 2 filas) por parcela chica expresándose el rendimiento en kg/ha.

#### **3.6.2. Alcohol probable**

El alcohol probable fue estimado por refractometría en los laboratorios de INAVI en Las Piedras. Tomándose como muestra por parcela chica 100 bayas tomadas al azar de los cajones de cosecha.

Los resultados se expresan en grado alcohólico probable.

#### **3.6.3. Acidez total y pH**

Para la determinación de los parámetros acidez total y pH se utilizó la misma muestra utilizada para la determinación del alcohol probable.

La acidez total fue expresada en gr/litro de ácido sulfúrico.

#### **3.6.4. N total en hoja y nitratos en pecíolo**

Para la determinación en el contenido de nitrato se extrajo la hoja opuesta al primer racimo usando como criterio 4 hojas/planta. La muestra fue tomada el 21/11/00 en el estado fenológico de la viña fin floración-inicio cuajado.

El análisis de nitratos fue realizado para el pecíolo, utilizándose un ionometro con electrodo de actividad específica (nitrato) para su determinación.

Para nitrógeno total se analizó una muestra usando la hoja opuesta al primer racimo y como criterio 4 hojas/planta. El muestreo fue realizado el 31/1/01 en el estado fenológico de envero.

El método utilizado para la determinación en el contenido de N total es el Kjeldhal para hoja completa (limbo + pecíolo).

### **3.6.5. Peso de poda**

La poda fue realizada el 15/6/01 y los sarmientos fueron agrupados en atados por cada parcela chica, efectuándose posteriormente su correspondiente peso, expresándose en kg.

## **3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En primer termino se realiza un análisis de varianza factorial (2 x 3) de parcelas divididas para cada variable.

También se realizaron contrastes ortogonales (testigo vs resto y urea vs nitrato de amonio) para cada parámetro.

Para la realización del análisis estadístico se utilizo el programa S.A.S.(S.A.S Institute, 1985).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La totalidad de resultados obtenidos en el ensayo se observa en el anexo.

### 4.1. EFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES Y FORMAS DE APLICACION EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD

#### 4.1.1. Rendimiento

**Cuadro N° 8:** Tabla de medias para Rendimiento (kg/ha)

	<b>Testigo</b>	<b>Urea</b>	<b>Nitrato de amonio</b>	<b>Media</b>
<b>Voleo</b>	10635	10706	11773	11038
<b>Banda</b>	10882	10106	10444	10477,3
<b>Media</b>	10758,5	10406	11108,5	

**Cuadro N° 9:** Análisis de varianza para rendimiento

	<b>G. Libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Bloque</b>	3	1410249,9	0,56	0,679
<b>F.Aplic</b>	1	1494006	0,59	0,498
<b>Error F.aplic</b>	3	2536163,1		
<b>Fuente</b>	2	750790,5	0,24	0,788
<b>Error fuente</b>	12	3091599,6		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	1252677,9	0,41	0,675

Como se observa en el análisis de varianza del cuadro número 9, no existen diferencias significativas para los diferentes tratamientos.

Esto demuestra que el nitrógeno aportado por el suelo o reservas fue suficiente para los objetivos de rendimiento.

Al no haber respuesta al agregado de nitrógeno, no se pueden evaluar las diferencias entre fuentes y formas de aplicación.

#### 4.1.2. Alcohol probable

**Cuadro N° 10:** Tabla de medias para alcohol probable

	Testigo	Urea	Nitrato de amonio	Media
<b>Voleo</b>	9,75	9,85	9,73	9,78
<b>Banda</b>	10,05	9,45	9,80	9,77
<b>Media</b>	9,9	9,65	9,77	

Cabe aclarar que el bajo nivel de alcohol probable que se obtuvo en el ensayo, puede explicarse por el alto registro de precipitaciones que se dieron sobre todo desde cuajado a cosecha.

**Cuadro N° 11:** Análisis de varianza para alcohol probable

	G. Libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
<b>Bloque</b>	3	1,2	33,37	0,0084
<b>F.Aplic</b>	1	0,00042	0,01	0,92
<b>Error F.aplic</b>	3	0,036		
<b>Fuente</b>	2	0,12	1,37	0,291
<b>Error fuente</b>	12	0,091		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	0,25	2,79	0,101

Para esta variable al igual que la anterior no se observó diferencias significativas en cuanto a los diferentes tratamientos. Como en el caso anterior muestra que la dosis asociadas con las formas y las fuentes utilizadas serían suficientes para cubrir las necesidades para este nivel de rendimiento sin afectar el alcohol probable, dado que diferentes autores mencionan que un aumento de nitrógeno disminuye los azúcares hacia las bayas para destinarlos a la producción de masa vegetativa lo que haría descender el alcohol probable.

Por lo tanto se podría decir que para estos niveles de producción, para el tipo de suelo y el manejo realizado, la dosis de nitrógeno aplicada no modifican el rendimiento, entonces este nutriente no se encuentra en una cantidad excesiva de manera significativa como para modificar el alcohol probable.

Como en el caso anterior al no haber respuesta al N no se pueden evaluar las diferentes fuentes y formas de aplicarlo.

### 4.1.3. Acidez total y pH

Cuadro N° 12: Tabla de medias para acidez total

	Testigo	Urea	Nitrato de amonio	Media
<b>Voleo</b>	3,6	3,55	3,6	3,58
<b>Banda</b>	3,48	3,68	3,6	3,59
<b>Media</b>	3,55	3,61	3,6	

Cuadro N° 13: Tabla de medias para pH

	Testigo	Urea	Nitrato de amonio	Media
<b>Voleo</b>	3,5	3,47	3,48	3,48
<b>Banda</b>	3,47	3,47	3,49	3,48
<b>Media</b>	3,48	3,47	3,48	

Cuadro N° 14: Análisis de varianza para acidez total

	G. Libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
<b>Bloque</b>	3	0,0366	0,43	0,75
<b>F.Aplic</b>	1	0,0000	0,00	1
<b>Error F.aplic</b>	3	0,085		
<b>Fuente</b>	2	0,0129	0,60	0,57
<b>Error fuente</b>	12	0,021		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	0,0312	1,45	0,27

Cuadro N° 15: Análisis de varianza para pH

	G. Libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
<b>Bloque</b>	3	0,03	0,93	0,52
<b>F.Aplic</b>	1	0,000	0,096	0,77
<b>Error F.aplic</b>	3	0,003		
<b>Fuente</b>	2	0,001	1,096	0,36
<b>Error fuente</b>	12	0,001		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	0,001	2,22	0,15

En forma similar que para las variables anteriores no hubo diferencias significativas tanto para acidez total como para pH.

#### 4.2. EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CONTENIDO DE NITRÓGENO (N TOTAL EN HOJA Y NITRATOS EN PECÍOLO)

**Cuadro N° 16:** Tabla de medias para N total (% MS)

	<b>Testigo</b>	<b>Urea</b>	<b>Nitrato de amonio</b>	<b>Media</b>
<b>Voleo</b>	1,95	2,08	1,97	2,00
<b>Banda</b>	2,04	2,08	2,06	2,06
<b>Media</b>	1,99	2,08	2,01	

**Cuadro N° 17:** Tabla de medias para nitratos (ppm)

	<b>Testigo</b>	<b>Urea</b>	<b>Nitrato de amonio</b>	<b>Media</b>
<b>Voleo</b>	257,5	662,1	633,4	517,7
<b>Banda</b>	336,3	770,8	607,7	571,6
<b>Media</b>	296,9	716,4	620,5	

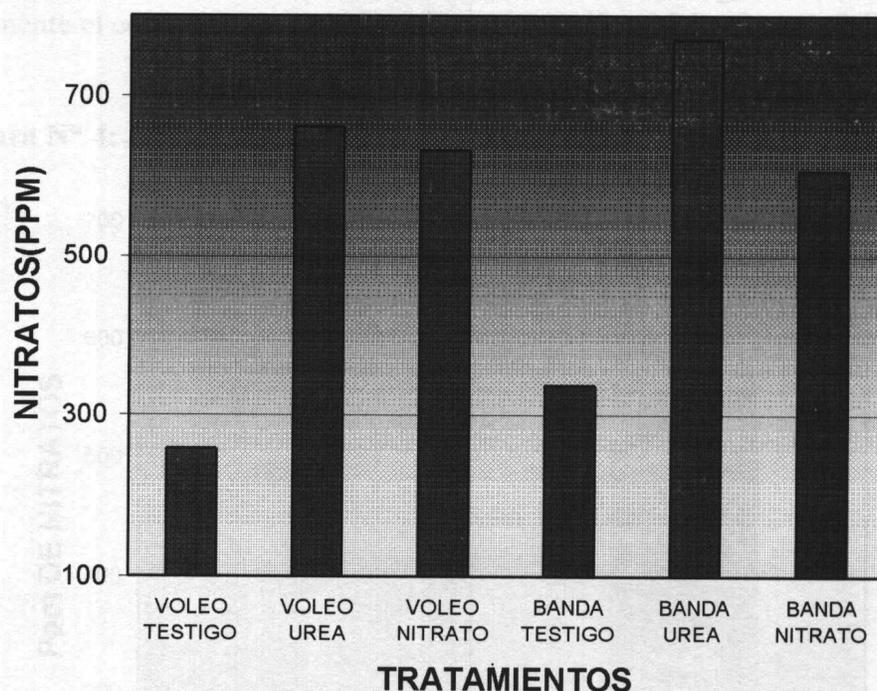
**Cuadro N° 18:** Análisis de varianza para N total

	<b>G. Libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Bloque</b>	3	0,041	0,76	0,59
<b>F.Aplic</b>	1	0,055	1,01	0,39
<b>Error F.aplic</b>	3	0,055		
<b>Fuente</b>	2	0,0017	0,10	0,90
<b>Error fuente</b>	12	0,016		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	0,0002	0,01	0,98

Cuadro N° 19: Análisis de varianza para nitratos

	G. Libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
<b>Bloque</b>	3	81271,19	6,49	0,079
<b>F.Aplic</b>	1	17447,43	1,39	0,32
<b>Error F.aplic</b>	3	12528,50		
<b>Fuente</b>	2	386592,08	31,5	<b>0,0001</b>
<b>Error fuente</b>	12	12272,14		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	9943,03	0,81	0,47

Figura N° 3: Respuesta en el contenido de nitratos para los dif. tratamientos



Como se muestra en el análisis de varianza (cuadro número 18), para el contenido de nitrógeno total en hoja en enero no hubo diferencias significativas. En cambio para el contenido de nitratos en pecíolo en floración (cuadro número 19), hubo diferencias significativas para las distintas fuentes-dosis utilizadas.

Esto puede explicarse por los trabajos realizados por CHRISTENSEN et al 1994 y CHRISTENSEN 1984; Conradie et al citado por GONZALES 1997 y CHAMPAGNOL

1984, los cuales consideraban que el peciolo de la hoja es el mejor "tejido" para determinar el contenido de  $N-NO_3^-$  y además el análisis de  $N-NO_3^-$  es más sensible a los cambios del estado nutricional de la vid, ya que esta forma de N es la más absorbida.

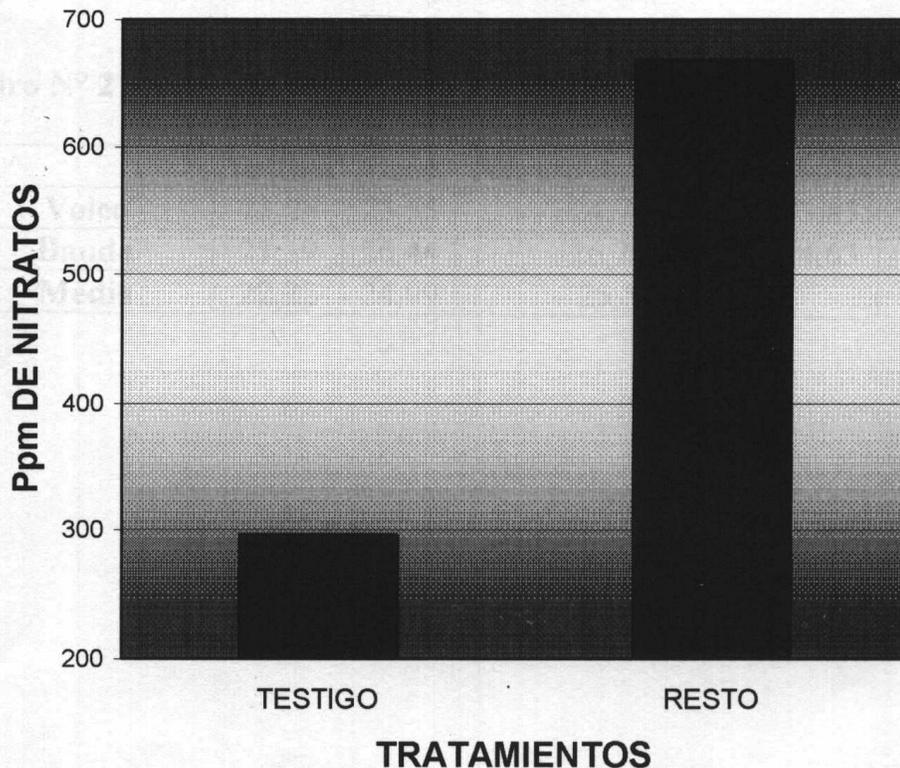
Pero el contenido de N total varía en menor magnitud y según los diferentes autores sería un dato más confiable respecto a los contenidos de nitratos.

**Cuadro N° 20:** Contraste ortogonal para nitratos

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	736387,3	60	<b>0,0001</b>
Urea vs Nitrato	1	36796,8	3	0,109

Independientemente del uso de la fuente la aplicación de nitrógeno hizo aumentar significativamente el contenido de nitrato en peciolo (cuadro n° 20 y figura n° 4).

**Figura N° 4:** Respuesta en el contenido de nitratos para testigo vs resto



Como se observa en el contraste ortogonal y en la representación grafica existen diferencias significativas claras entre testigo vs resto. Lo cual indicaría que la planta realmente absorbió más nitrógeno al fertilizar.

Los contenidos foliares de nitrato indican que para el testigo existe nivel de deficiencia según Roubelakis 1992, no coincidiendo con los rendimientos obtenidos, demostrándose así que por la variabilidad en el contenido de nitrato no debe emplearse como único indicador del nivel nutricional de la planta en el momento de floración.

Existe una tendencia a ser significativo el contraste urea vs nitrato (cuadro n° 20) siendo a favor de la urea incorporada. Esto se puede explicar por que al ser la urea incorporada se observan menos perdidas por lavado respecto al nitrato, y menor perdida por volatilización respecto a la urea no incorporada, lo que concuerda con experimentos realizados por Jackson y Burton 1962 citados por Black 1975.

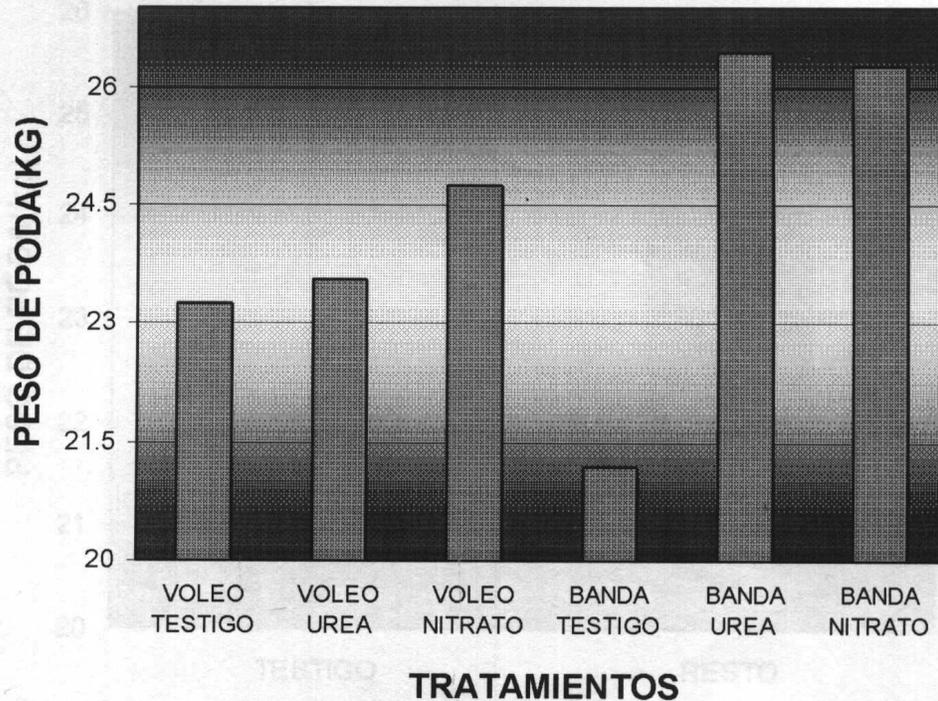
También CHAMPAGNOL 1984, observo una menor perdida de nitrógeno aplicando urea en banda.

#### 4.3. EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL VIGOR DE LAS PLANTAS (PESO DE PODA)

Cuadro N° 21: Tabla de medias para Peso de Poda (kg/parcela chica)

	Testigo	Urea	Nitrato de amonio	Media
<b>Voleo</b>	23,25	23,55	24,74	23,85
<b>Banda</b>	21,19	26,44	26,26	24,63
<b>Media</b>	22,22	24,99	25,5	

Figura N° 5: Respuesta del Peso de Poda a los diferentes tratamientos



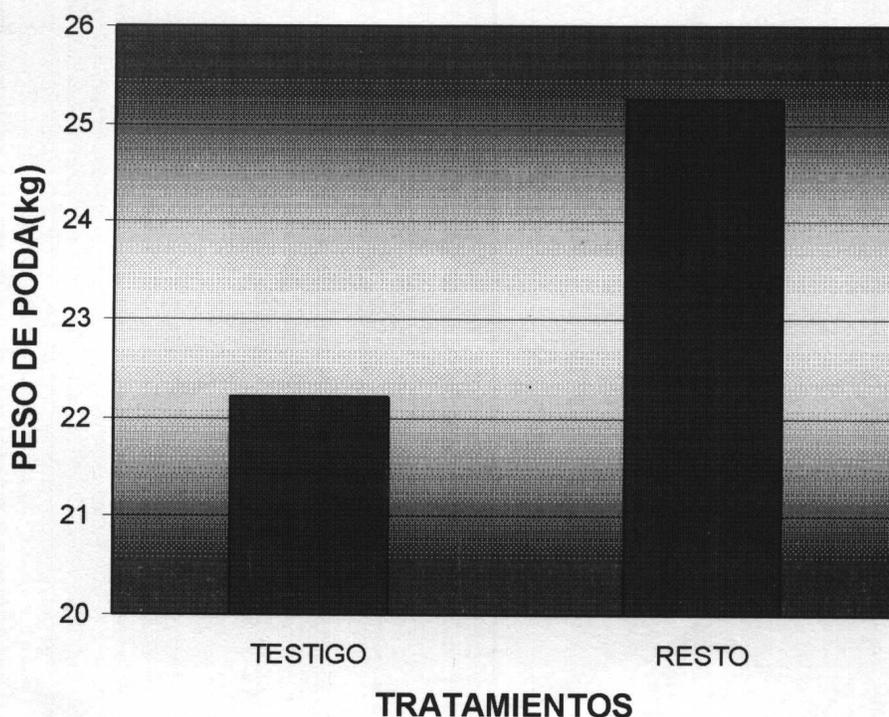
Cuadro N° 22: Análisis de varianza para Peso de Poda

	G. Libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
<b>Bloque</b>	3	50,84	4,70	0,12
<b>F.Aplic</b>	1	3,68	0,34	0,60
<b>Error F.aplic</b>	3	10,82		
<b>Fuente</b>	2	24,96	2,53	0,12
<b>Error fuente</b>	12	9,86		
<b>Fuente*F.Aplic</b>	2	13,07	1,33	0,30

Cuadro N° 23: Contraste ortogonal para Peso de Poda

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	48,9	4,96	<b>0,046</b>
Urea vs Nitrato	1	1.02	0,1	0,75

Figura N° 6: Respuesta en el Peso de Poda para testigo vs resto



Para peso de poda en el contraste ortogonal testigo vs resto (cuadro n° 23) el nitrógeno aportado produce efecto significativo. Pero no existen diferencias entre fuentes. Observándose en el contenido de nitratos, que la planta absorbió más nitrógeno al aplicarse fertilizante.

El incremento en el peso de poda por el aumento en el nivel de nitrógeno hace ver que el nitrógeno aplicado es utilizado junto con los asimilados para la producción de madera. Esto concuerda con citado con CHAMPAGNOL 1984 de que el peso de poda se incrementa más que la producción a dosis crecientes de nitrógeno.

Este incremento en el peso de poda no produce efectos en el rendimiento y la calidad, observándose esto por no haber diferencias significativas en los parámetros de rendimiento y calidad evaluados, al menos para las condiciones dadas (dosis de N, etc.). Lo que concuerda con SPAID et al 1994 que con una dosis de 56 unidades de N/ha se obtiene el máximo equilibrio entre rendimiento y calidad.

En definitiva como cita CHAMPAGNOL 1984 la fertilización nitrogenada lo primero que afecta es la producción de auxinas (incrementándolas), hormonas que estimulan el crecimiento vegetativo. Este desequilibrio a favor del vigor no produce un

cambio significativo en la distribución de azúcares hacia las bayas al menos para las dosis y manejos dados.

## 5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que para el ensayo no hay respuesta al agregado de nitrógeno en cuanto al **rendimiento**, y por lo tanto el nitrógeno aportado por el suelo y las reservas fue suficiente. Al no haber respuesta no se puede evaluar las diferencias entre fuentes y formas de aplicación de nitrógeno.

En cuanto a la **calidad** se puede concluir:

La aplicación de nitrógeno, tipo de fuente y la forma de aplicarlo no afectaron de forma significativa al alcohol probable, pH y acidez total.

Referente al **contenido foliar** se observó una diferencia significativa entre aplicar y no aplicar nitrógeno para los contenidos de **nitrato** en pecíolo en floración. No existe diferencia significativa para las fuentes y las formas de aplicación, habiendo una tendencia a ser mayor el nivel de nitrato cuando la fuente es urea y la forma de aplicarla es en banda.

La cantidad de **nitrógeno total** en hoja en envero no tuvo diferencias significativas cuando se le aplicó fertilizante nitrogenado. Al no haber respuesta no se puede evaluar las diferencias entre fuentes y formas de aplicación de nitrógeno.

En cuanto al **vigor** (desarrollo vegetativo / área foliar), expresado como **peso de poda**, este se incrementó significativamente con el agregado de nitrógeno respecto al testigo no fertilizado, no existiendo diferencias significativas para formas y fuentes de aplicación de nitrógeno.

Según los resultados de esta tesis y para las condiciones dadas, se puede concluir que en la fertilización nitrogenada los efectos observados son debido a la aplicación de nitrógeno, independientemente de la fuente y de la forma de aplicación. En aquellas variables donde no hubo respuesta es debido a que el aporte de nitrógeno del suelo más las reservas de las plantas son suficiente para las necesidades.

Donde las plantas absorbieron al nitrógeno del fertilizante aplicado hubo respuesta, y se ve reflejado por el aumento en el peso de poda y en el contenido de nitrato en pecíolo.

## 6. RESUMEN

En un viñedo comercial del cultivar Cabernet Sauvignon en la zona sur de Uruguay (Canelones) para la producción de vino fino de alta calidad enológica fue instalado un ensayo en el año 2000; con el objetivo de analizar diferentes formas y fuentes de aplicación de nitrógeno.

Las plantas tienen una edad de 13 años, se conducen en lira semiabierta con un marco de plantación de 3 x 1,25, injertadas sobre SO4.

El suelo donde fue instalado el ensayo es un Vertisol Ruptico Lúvico.

Los tratamientos utilizados fueron aplicación al voleo y banda; uso de urea y nitrato de amonio como fuentes de fertilizantes nitrogenados y un testigo sin fertilizar.

La dosis utilizada fue de 50 unidades de nitrógeno por hectárea y por año.

Se evaluó rendimiento, calidad enológica (pH, acidez total, alcohol probable), vigor (peso poda) y contenido foliares (nitrógeno total en hoja y nitratos en pecíolo).

Los resultados indican que para las condiciones del ensayo hubo solamente efectos significativos por la fertilización para los parámetros peso de poda y nitratos en pecíolo independientemente de la fuente y la forma de aplicación del fertilizante, constatándose además una leve tendencia al incremento del contenido de nitrato cuando la fuente utilizada es urea y la forma de aplicación es en banda.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

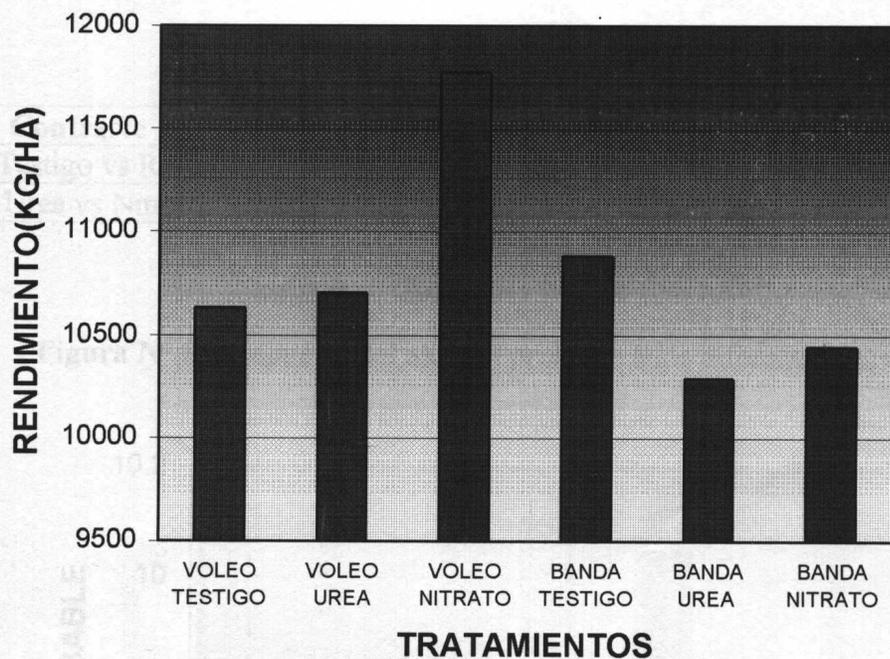
- 1) **BARKER, A.V.; MILLS, H.A.1980.** Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. Horticultural Reviews n°2: 395-423.
- 2) **BLACK, C. A. 1975.** Relaciones suelo-planta, Buenos Aires, Hemisferio Sur, V.2.
- 3) **BOUARD, J.1966.** Recherches physiologiques sur la vigne et en particulier sur l'aoutement des sarments. Tesis doctorado en ciencias naturales. Bordeaux, Francia, Facultad de ciencias. 398 p.
- 4) **BRANAS, J.1974.** Viticulture, Montpellier, Déhan. 977 p.
- 5) **CALDERÓN, E.1987.** Manual del fruticultor moderno. México, Ciencia y técnica, 749 p.
- 6) **CASSANELLO, M.E. 1975.** Uso del diagnostico foliar como base para evaluar el estado nutricional de la viña(Vitis vinifera L.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 87 p.
- 7) **CHAMPAGNOL, F.1984.** Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale.Monpellier.Dehan.351p.
- 8) **CHAUVET, M.; REYNIER, A. 1978.** Manual de viticultura. Madrid. Mundiprensa. 243 p.
- 9) **CHOUHY, A.L.1994.** Fertilización de viñedos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.80 p.
- 10) **CHRISTENSEN, P.; BIANCHI M.L.; PEACOCK,W.L.; HIRSCHFELT, D.J. 1994.** Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. American journal of enology and viticulture 45(4):377-387.
- 11) **CHRISTENSEN, P.1984.** Nutrient Level Comparison Of Leaf Petioles And Blades In Twenty-Six Grapes Cultivars Over Three Years.American journal of enology and viticulture 35(3):124-133.
- 12) **EGUREN, E.E.; ROSSI, L.I. 1987.** Efectos de la fertilización nitrogenada y potásica en el viñedo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 148 p.
- 13) **ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA 1979.**Recopilación de los métodos internacionales de análisis de vinos(OIV).Madrid. 242 p.
- 14) **FERRARO OLMOS R. 1983.** Viticultura moderna. Montevideo, Hemisferio Sur. V.1.
- 15) **Gil, G. 1993.**Desordenes fisiológicos y necrosis de plantas frutales relacionadas con toxicidad del nitrógeno. Revista Frutícola 14 (1): 14-28.
- 16) **GLAD, C; FARINEAU, J.; REGNARD, J.L.; MOROT-GAUDRY, J.F.1994.** The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal 15N supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole Vitis Vinifera cv . Pinot noir grapevines at bloom time. American Journal of Enology and Viticulture 45(3): 327-332.

- 17) **GONZALES PISCIOTTANO A. 1997.** Manejo de suelos y fertilización nitrogenada en la viña. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 107 p.
- 18) **GOULD, W.D.; HAGEDORN, C.MCCREARY, R.G.L.1986.** Urea transformations and fertilizer efficiency in soil. *Advances in Agronomy* n°40: 209-238.
- 19) **IBACACHE, A.; LOBATO, A. 1995.** Periodos de crecimiento de raíces en vid. *Revista Frutícola* 16(1): 23-26.
- 20) **JEAN BELL,S.; ROBSON A.1999.**Effect of Nitrogen Fertilization on Growth, Canopy Density, and Yield of vitis vinifera L.cv. Cabernet sauvignon. *American journal of enology and viticulture* 50(3):351-358.
- 21) **KELLER,M.;HRAZDINA,G.1998.**Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. Effects on anthocyanin an phenolic development during grape ripening. *American journal of enology and viticulture* 49(3):341-349.
- 22) **OUGH,C.S.; STEVENS, D.; ALMY, J.1989.**Preliminary comments on effects of grape vineyard nitrogen fertilization on the subsequent ethyl carbamate formation in wines. *American journal of enology and viticulture* 40(3):219-220.
- 23) **PAREJO, J.1995.**Evolución estacional en la nutrición mineral de la variedad Cabernet Sauvignon. *Viticultura / enología Profesional* n°41: 78-86.
- 24) **PERDOMO C. Y BARBAZAN, M. 1999.** NITRÓGENO. Montevideo, Facultad de Agronomía Área de suelos y aguas. Cátedra de Fertilidad. 72 p.
- 25) **PEREZ S. Y VIVAS G.1999.** Evaluación de coberturas de invierno para viñedos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 94 p.
- 26) **PEYNAUD EMILE.1977.** Enología Práctica. Madrid, Mundi-Prensa. 414 p.
- 27) **REYNIER, A.1989.** Manual de viticultura. Madrid. Mundiprensa. 371 p.
- 28) **RIVÉREAU-GAYON; PEYNAUD, E.1982.** Ciencias y técnicas de la viña. Buenos Aires, Hemisferio sur. 2. V.
- 29) **ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A.;KLIEWER, W.M.1992.** Nitrogen metabolism in grapevine. *Horticultural Reviews* n° 14: 407-452.
- 30) **S.A.S INSTITUTE.1985.** S.A.S / STAT. Guide for personal computer. Version 6 edition. S.A.S Inst., CARY, NY.
- 31) **SPAYD, S.E; NAGEL, C.W.; EDWARDS, C.G.1995.** Yeast growth in riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. *American journal of enology and viticulture* 46(1):49-55.
- 32) **SPAYD, S.E; WAMPLE, R.L.; EVANS, R.G.1994.**Nitrogen Fertilization Of White Riesling Grapes In Washington. Must And Wine Composition. *American journal of enology and viticulture* 45(1):34-42.
- 33) **TARADAGUILA, J.; BERTAMINI, M.1993.** Gestión del suelo, fertilización y riego para mejorar la calidad del vino. *Fruticultura Profesional* n° 59: 17-30.
- 34) **TISDALE,S.L.; NELSON,W.L.1977.** Fertilidad de suelos y fertilizantes, Barcelona, Montaner y Simon. 760 p.

- 35) **UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA(URUGUAY) FACULTAD DE AGRONOMÍA.1978.** Fertilizantes. T4.135 p.
- 36) **UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA(URUGUAY) FACULTAD DE AGRONOMÍA.1996.** Curso de actualización en fertilidad de suelo. Montevideo, 2.V.
- 37) **UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA(URUGUAY) FACULTAD DE AGRONOMÍA.1997.** Manejo de la fertilidad en producciones intensivas(horticultura y fruticultura).Montevideo.94 p.
- 38) **URUGUAY. ANCAP. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. DIVISIÓN INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS. 1962.** Análisis foliar. Montevideo. 33 p.
- 39) **URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE AGRONOMIAS REGIONALES EXTENSIÓN Y COOPERATIVAS.1979.** 1<sup>era</sup> jornada regional de viticultura. Montevideo. 22 p.
- 40) **WEAVER, R.J.1981.** Cultivo de la uva. México, Continental. 419 p.
- 41) **WINKLER, A. J.1974.** Viticultura. México, Continental. 790 p.
- 42) **ZAMALVIDE, J.P.1992.** Fertilización de viñedos. Montevideo, Uruguay, INAVI, Boletín de divulgación. 13 p.
- 43) **ZAMALVIDE, J.P.1994.** Manejo de suelos en viñedos. Montevideo, Uruguay, INAVI, Boletín de divulgación. 8 p.

8. ANEXO

Figura N° 7: Respuesta del rendimiento a los diferentes tratamientos



Cuadro N° 24: Contraste ortogonal para rendimiento

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	10740	0,00	0,95
Urea vs Nitrato	1	1490841	0,48	0,50

Cuadro N° 25: Interacción para rendimiento

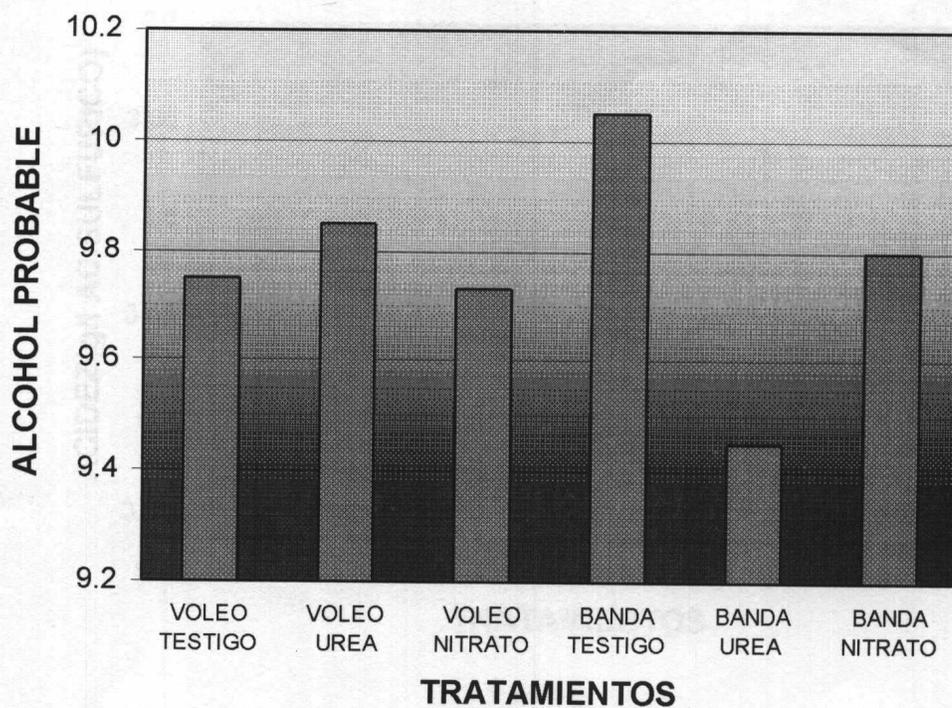
Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Int. Testigo vs Resto	1	1671786,75	0,54	0,48
Int. Urea vs Nitrato	1	833569,00	0,27	0,61

**Cuadro N° 26:** Contraste ortogonal para alcohol

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	0,2	2,19	0,16
Urea vs Nitrato	1	0,05	0,55	0,47

**Cuadro N° 27:** Interacción para alcohol probable

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Int. Testigo vs Resto	1	0,28	3,12	0,103
Int. Urea vs Nitrato	1	0,22	2,47	0,142

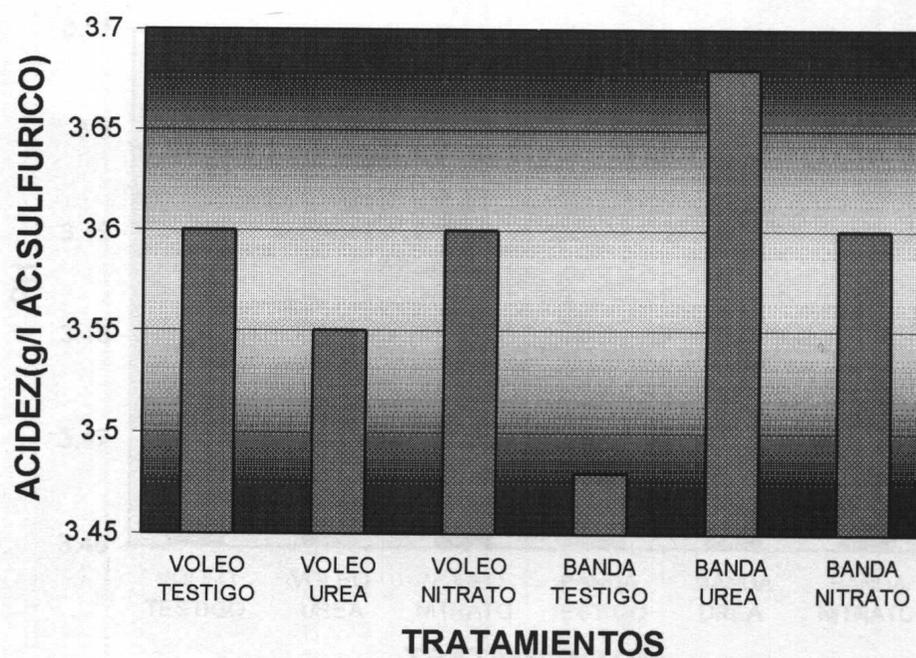
**Figura N° 8:** Respuesta del alcohol probable a los diferentes tratamientos

**Cuadro N° 28:** Contraste ortogonal para acidez total

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	0,025	1,17	0,30
Urea vs Nitrato	1	0,00062	0,03	0,87

**Cuadro N° 29:** Interacción para acidez total

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Int. Testigo vs Resto	1	0,047	2,18	0,165
Int. Urea vs Nitrato	1	0,016	0,73	0,411

**Figura N° 9:** Respuesta de la acidez total a los diferentes tratamientos

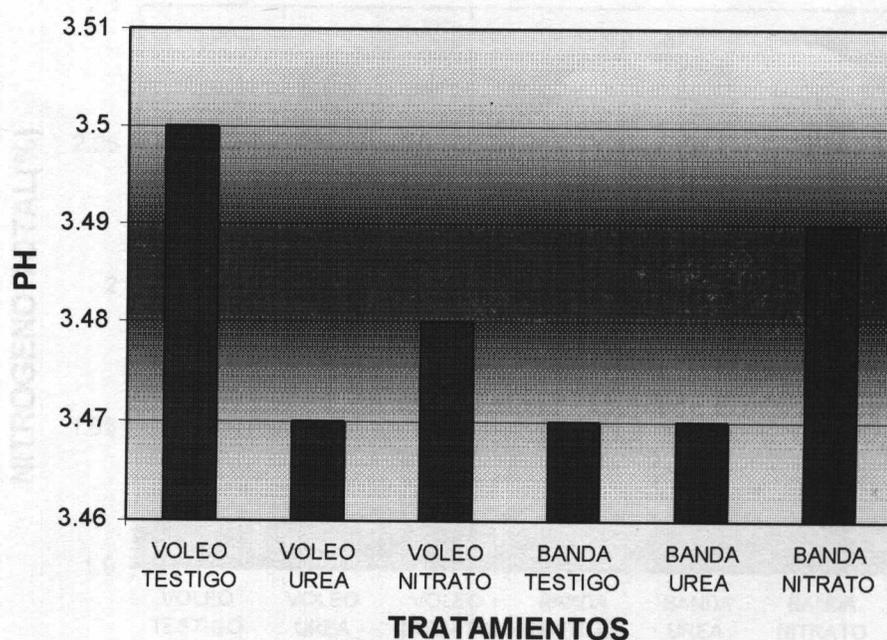
Cuadro N° 30: Contraste ortogonal para pH

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	0,0000	0,55	0,45
Urea vs Nitrato	1	0,0025	1,64	0,22

Cuadro N° 31: Interacción para pH.

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Int. Testigo vs Resto	1	0,0024	4,40	<b>0,058</b>
Int. Urea vs Nitrato	1	0,000025	0,05	0,83

Figura N° 10: Respuesta del pH a los diferentes tratamientos



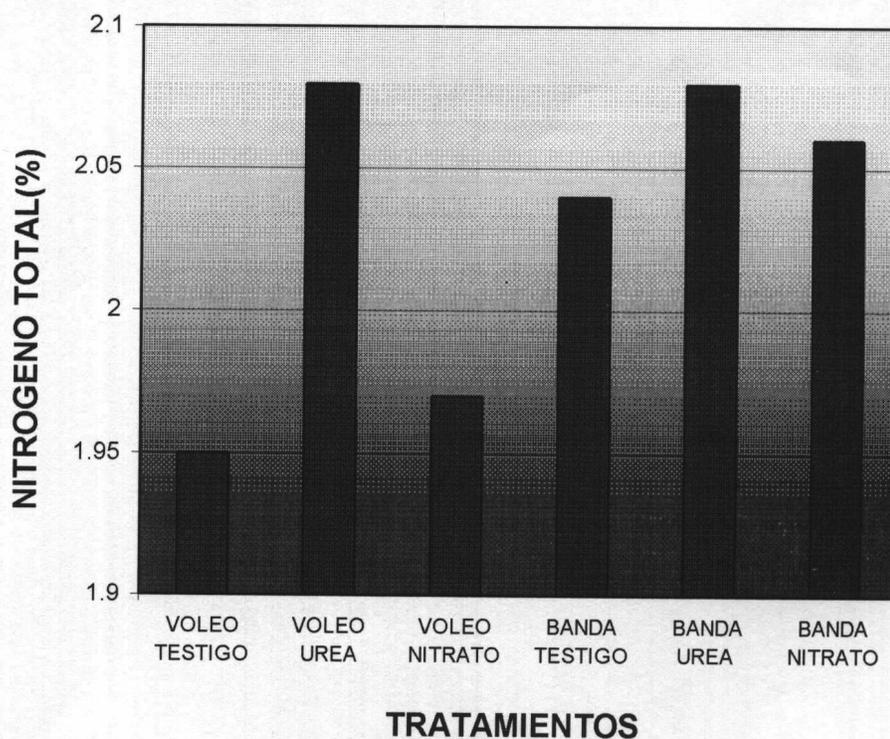
Cuadro N° 32: Contraste ortogonal para N total

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Testigo vs Resto	1	0,0029	0,18	0,68
Urea vs Nitrato	1	0,00047	0,03	0,87

Cuadro N° 33: Interacción para N total

Contraste	G. libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad
Int. Testigo vs Resto	1	0,00043	0,03	0,87
Int. Urea vs Nitrato	1	0,000052	0,00	0,96

Figura N° 11: Respuesta del contenido de N total para los dif. tratamientos



**Cuadro N° 34:** Interacción para nitratos

<b>Contraste</b>	<b>G. libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Probabilidad</b>
Int. Testigo vs Resto	1	1856,3	0,15	0,70
Int. Urea vs Nitrato	1	18029,8	1,47	0,25

**Cuadro N° 35:** Interacción para peso de poda

<b>Contraste</b>	<b>G. libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Probabilidad</b>
Int. Testigo vs Resto	1	24,3	2,46	0,14
Int. Urea vs Nitrato	1	1,8	0,19	0,67

Cuadro N° 36: RESULTADOS TOTALES				* ° BRIX	Alcohol	**g/l ác. Sulf.	pH	N total (%)	Nitr(ppm)	Peso Podada(kg)
Parcela	Código fuente	Cód F.aplic.	Rend.(Kg/ha)	Azucares*	Ac.total**					
1	3	1	11678	173	3.4	3.49	1.73	691.2	23.6	
2	1	1	9354	171	3.6	3.48	1.73	280.6	27	
3	2	1	14154	182	3.5	3.52	1.85	822.2	29.4	
4	2	2	11963	166	3.8	3.48	2.08	798.2	29.3	
5	3	2	11297	175	3.5	3.48	2.16	721.1	23.8	
6	1	2	9677	177	3.4	3.44	2.08	432.1	20.8	
7	1	2	11773	175	3.4	3.42	2.05	243	23.3	
8	2	2	8725	165	3.7	3.41	2.08	1016	29	
9	3	2	8401	158	3.9	3.44	1.87	621.8	34.2	
10	1	1	11106	164	3.6	3.50	1.9	247.1	23.7	
11	3	1	11773	164	3.8	3.48	1.82	718.1	32.1	
12	2	1	11201	171	3.5	3.44	2.13	662.6	22.8	
13	3	1	12821	179	3.6	3.45	2.22	581.1	20.2	
14	2	1	8877	173	3.6	3.46	2.22	671.1	22.1	
15	1	1	12630	185	3.4	3.53	2.13	318.6	21.4	
16	3	2	9544	184	3.7	3.50	2.16	682.5	25.9	
17	2	2	10154	171	3.8	3.48	2.02	910.2	27.1	
18	1	2	12059	179	3.8	3.48	2.02	423.1	21.1	
19	2	2	10319	178	3.4	3.51	2.13	358.7	20.4	
20	1	2	10020	195	3.3	3.52	2.02	247.1	19.6	
21	3	2	12535	189	3.3	3.51	2.05	405.5	21.2	
22	1	1	9449	182	3.8	3.49	2.02	183.8	21	
23	2	1	8592	184	3.6	3.44	1.73	492.7	20	
24	3	1	10220	185	3.6	3.49	2.13	543.1	23.2	

Incidencia de Botritis	Tratamiento	Código
baja	Testigo	1
media	Urea	2
alta	Nitr de Am	3
	Voleo	1
	Banda	2